3.06(49.4)3.1

Library

Bound at
A.M.N.H.
1914

THE NEW YORK
ACADEMY OF SCIENCES
Exchange
lacks 15 & 35
5.06 (49.4) 7/11

SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE

DES

# SCIENCES NATURELLES

# BULLETIN

TOME XXXVII: ANNÉE 1909-1910

PRIX: 10 Fr.

NEUCHATEL
IMPRIMERIE WOLFRATH & SPERLÉ

1911

THE NEW YORK
ACADEMY OF SCIENCES.

# SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE

DES

# SCIENCES NATURELLES

# BULLETIN

TOME XXXVII: ANNÉE 1909-1910

NEUCHATEL
IMPRIMERIE WOLFRATH & SPERLÉ

1910

11.2891. June 27.

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

# CHAMPIGNONS DU CANTON DE NEUCHATEL

PAR EUG. MAYOR, Dr-MÉD.

Si la flore phanérogamique de notre canton a été l'objet de travaux nombreux et approfondis, par contre l'étude de notre flore cryptogamique est toujours restée plus ou moins à l'arrière-plan et à peine compte-t-on quelques travaux traitant de ces divers groupes de végétaux, travaux d'ailleurs très intéressants et montrant bien la grande richesse de notre pays. Pour ce qui concerne plus particulièrement les champignons, les seules données que nous possédions jusqu'à ces dernières années nous étaient fournies par l'herbier Morthier et par le catalogue que ce savant publia en 1870 en collaboration avec Favre, qui s'occupa plus spécialement des grands champignons charnus. Ce catalogue des champignons du canton de Neuchâtel[1] est le seul travail mycologique important paru dans notre région. En parcourant cette longue liste, on est réellement étonné de voir quelles sont la richesse et la variété de notre flore et on reste stupéfait du travail immense que représente cette accumulation de centaines d'espèces différentes. Malheureusement le bel exemple donné par Morthier n'a pas eu d'imitateurs et, depuis sa mort, personne ne s'occupa de la recherche des champignons dans notre canton.

Depuis quelques années, les études mycologiques se sont considérablement développées en Suisse et il a déjà été publié un certain nombre de travaux traitant de tel ou tel groupe de champignons. Pour ces divers travaux, il était très naturel de consulter l'herbier Morthier qui renferme, en plus des espèces neuchâteloises, un grand nombre d'autres provenant

[1] P. MORTHIER et L. FAVRE. *Catalogue des champignons du canton de Neuchâtel.* Communiqué à la société des sciences naturelles de Neuchâtel dans sa séance du 19 mai 1870, Neuchâtel 1870. *Bul. soc. sc. nat. Neuch.*, t. VIII, troisième cahier, 1870.

surtout des Grisons et du Valais. C'est ainsi que peu à peu les collections de notre Université sont mises en valeur par les travaux de Jaczewski et plus récemment encore par le grand travail de M. le Professeur Dr Ed. Fischer de Berne, sur les Urédinées de la Suisse. Tout cela ne représente encore qu'une bien faible partie de ce qu'on peut tirer de cet herbier en fait de renseignements pour la flore cryptogamique suisse, aussi faut-il espérer qu'à l'avenir les spécialistes se trouveront toujours plus nombreux, car ce n'est que de cette façon que l'herbier mycologique de Morthier acquerra toute sa valeur, qui est beaucoup plus grande qu'on ne pourrait le supposer.

Le catalogue des champignons du canton de Neuchâtel indique tout ce qui a été rencontré chez nous jusqu'en 1870; mais, depuis cette époque jusqu'à sa mort, Morthier a encore récolté une grande quantité d'espèces qui, de ce fait, ne sont pas citées dans son travail. Comme le nom l'indique, il s'agit d'une énumération pure et simple de toutes les espèces, les unes à la suite des autres, généralement sans aucun autre renseignement, sauf parfois l'indication vague d'une localité. Depuis 1870, la mycologie a pris un développement très considérable, surtout ces dernières années, grâce aux recherches expérimentales et aux études biologiques. C'est ainsi qu'un grand nombre d'espèces ont été divisées, que des genres nouveaux ont été créés, bref, il s'est produit des changements assez notables qui font que le travail de Morthier, tout en restant vrai, ne répond plus exactement à l'état actuel de la science.

Un point qui n'a pas été traité et qui cependant est très intéressant, serait de savoir, dans la mesure du possible, quelle est la fréquence plus ou moins grande de chaque espèce, quelle est sa répartition dans le canton et à quelle époque de l'année on peut la récolter. Enfin, ces dernières années, il a été trouvé chez nous une assez grande quantité d'espèces ayant échappé aux recherches de Morthier, ce qui fait que sa liste devrait être considérablement augmentée pour répondre à ce que l'on sait aujourd'hui sur la totalité des espèces représentées dans le canton.

Telles sont les raisons qui m'ont poussé à entreprendre à nouveau l'étude des champignons neuchâtelois, en me bornant, pour le moment, à examiner les Péronosporinées, Ustilaginées, Urédinées et Erysiphacées. Je me propose, pour chacun de ces groupes, d'examiner toutes les diverses espèces sur leurs différents supports indiquées jusqu'à maintenant chez nous, leur plus ou moins grande fréquence, leur répartition

dans le canton, l'époque à laquelle on peut les récolter et, d'une manière générale, ce qui peut être intéressant ou particulier à chacune. Ainsi compris, ce travail ne fera nullement double emploi avec le catalogue de Morthier, qu'il complètera et rendra conforme aux derniers progrès de la science.

Je n'ai naturellement nullement la prétention d'être complet, car un travail de ce genre, surtout en mycologie, ne saurait l'être. Il est en effet très probable que des recherches ultérieures feront découvrir encore bien des choses intéressantes m'ayant échappé; néanmoins les matériaux dont je dispose sont suffisamment nombreux et variés pour me permettre d'entreprendre un travail assez complet. Certaines régions du canton ont été tout particulièrement bien étudiées: c'est le cas pour les environs de Neuchâtel et Saint-Blaise, Chaumont, La Côte, le Val-de-Ruz, d'une manière générale tous les sommets du Jura et tout particulièrement le Creux-du-Van, les marais des Ponts, Lignières, les bords de la Thielle et les bords du lac. Les autres parties du canton et en particulier La Béroche, le Val-de-Travers, La Côte-aux-Fées, Les Verrières, la vallée de La Brévine, les environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds, Les Brenets et les gorges du Doubs ont été étudiées moins à fond soit à cause de leur éloignement, soit pour toute autre cause. Il existe même deux régions qui n'ont pas encore été visitées par un mycologue ou du moins dont je ne trouve aucun renseignement. Ce sont : les environs de La Chaux-de-Fonds du côté du canton de Berne et du Valanvron et ceux du Locle dans la direction du Cerneux-Péquignot et de La Chaux-du-Milieu. Il est fort probable d'ailleurs que ces localités ne renferment rien de bien spécial, néanmoins il serait intéressant d'être fixé exactement sur ce point; peut-être des recherches ultérieures me permettront-elles de combler cette petite lacune.

Certaines espèces, que j'ai tout lieu de croire répandues, n'ont cependant été rencontrées que rarement, probablement à la suite d'un malheureux concours de circonstances m'ayant fait les rechercher ou trop tôt ou au contraire trop tard. On le voit, le champ d'études reste encore vaste et ce ne sont pas les observations faites depuis quelques années qui suffiront à nous faire connaître entièrement tout ce qui se rapporte aux groupes de champignons étudiés ci-dessous; ce n'est que peu à peu, à force d'efforts et de persévérance qu'il sera possible d'achever complètement un travail de ce genre.

Comme on pourra s'en rendre compte dans la suite, le canton de Neuchâtel, malgré ses limites restreintes, est très

riche en champignons, richesse qui tient en tout premier lieu au fait qu'on s'est donné la peine d'étudier quelque peu soigneusement ces intéressants végétaux et ensuite à la grande variété de notre flore phanérogamique. Nous avons en effet une flore assez spéciale au bord du lac; celle des forêts sera différente de celle du vignoble et de nos diverses vallées; les pâturages, les rochers et les éboulis des sommets du Jura nous donneront également des espèces particulières, de même que les marais et tourbières du Jura et les stations xérothermiques avec leur flore si caractéristique.

Je commencerai par l'étude des Péronosporinées, pour continuer avec celle des Ustilaginées; les Urédinées, de beaucoup les plus nombreuses et peut-être aussi pour moi les plus intéressantes, seront traitées ensuite et je terminerai par les Erysiphacées, petite famille se rattachant au grand groupe des Ascomycètes.

---

## PÉRONOSPORINÉES

Ce sous-ordre est représenté dans l'Europe centrale, d'après Migula[1], par deux familles: celle des Albuginacées et celle des Péronosporacées. La première ne renferme qu'un seul genre avec 6 espèces, la seconde compte 6 genres différents avec 67 espèces bien déterminées et 6 douteuses.

Les Péronospérinées constituent la maladie qu'on appelle communément le mildiou, dont le plus connu chez nous est le mildiou de la vigne, ce parasite si redoutable qui cause des dégâts considérables dans tous les vignobles. La maladie des pommes de terre, bien connue des agriculteurs, rentre également dans ce groupe de champignons ainsi que bien d'autres attirant moins l'attention par le fait qu'elles n'ont que peu ou pas de conséquences au point de vue économique.

Ces parasites se développent de préférence au printemps et au commencement de l'été, sans que ce soit cependant une règle absolue. En effet, certaines espèces se développent toute l'année, du premier printemps à l'arrière automne (par exem-

[1] W. Migula. *Flora von Deutschland, Œsterreich und der Schweiz. Kryptogamen-Flora.* Pilze, p. 152 à 180.

ple *Albugo candida* et *Peronospora Alsinearum]*; d'autres ont leur maximum de développement dans le courant de l'été et d'autres enfin, ayant fait leur apparition au printemps, disparaissent à peu près complètement en été pour reparaître de nouveau abondamment en automne et jusqu'à la saison morte; c'est le cas, par exemple, pour *Peronospora Violæ*. Ces champignons peuvent se récolter depuis le bord du lac jusqu'au Jura, mais il est à noter que plus on s'élève, plus le nombre et la fréquence des espèces diminuent, aussi le vignoble est-il la portion de notre pays de beaucoup la plus riche, grâce à ses prés, ses champs, ses cultures et ses jardins potagers. On rencontre dans les bois un certain nombre de ces parasites, mais la grande majorité se développe au bord des chemins et surtout dans les champs et les cultures maraîchères.

Dans la liste qui va suivre, on trouvera un certain nombre de supports phanérogamiques qui ne sont accompagnés d'aucune indication de localité : dans ce cas, le parasite est si commun qu'il est absolument superflu et inutile d'indiquer toute une série de stations.

Je mentionne également tout ce qui se trouve dans l'herbier cryptogamique de Morthier et se rapporte au canton de Neuchâtel en mettant l'annotation : Herb. Morthier. Cette remarque après un support phanérogamique non accompagné d'indication de localité, signifie qu'il y a dans l'herbier Morthier des échantillons de provenance neuchâteloise.

Le mot Catalogue, qu'on rencontrera aussi assez fréquemment, est une abréviation pour indiquer que l'espèce en question est mentionné dans le *Catalogue des champignons du canton de Neuchâtel,* par Morthier et Favre.

## ALBUGINACÉES

Le seul genre de cette famille est le genre *Albugo* (Persoon), J.-F. Gray ou *Cystopus* Léveillé, dont, jusqu'à maintenant, nous ne possédons dans le canton de Neuchâtel que deux espèces seulement s'attaquant à 13 phanérogames différents. Des 4 autres espèces mentionnées dans l'Europe centrale, 2 ne se trouvent vraisemblablement pas chez nous, tandis que les deux autres, sur *Portulaca* et *Amaranthus* ont bien des chances d'être récoltées ultérieurement et cela d'autant plus que j'ai eu l'occasion de les rencontrer souvent dans le canton de Vaud, de Genève, dans le Valais et le Tessin.

ALBUGO CANDIDA (Persoon). Kuntze.

Dans le catalogue de Morthier, pour ce qui concerne cette espèce, on ne trouve que l'indication : *Cystopus candidus*, Lév. sur les feuilles et tiges de Crucifères.

Sur : *Alyssum calycinum*, L. — Décombres, Beauregard près de Neuchâtel. 25 juin 1908.

Sur : *Arabis alpina*, L. — Octobre 1865. (Herb. Morthier), sans indication de localité, mais provenant vraisemblablement du canton. Bois entre la Ferme-Robert et la Fontaine-Froide, Creux-du-Van. 5 août 1908. Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909.

Sur : *Arabis hirsuta*, Scop. — Au-dessus de Dombresson. Juin 1861. (Herb. Morthier.) Pâturages de la montagne de Boudry. 15 juin 1904. Crêt du Plan sur Neuchâtel. 16 juin 1908 et Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 23 avril 1909.

Sur : *Arabis Turrita*, L. — Assez commun dans les bois du Jura, de mai à octobre. Je mentionnerai comme localités principales : sentier de Rochefort à Tablette. 14 juin 1908. — Gorges de l'Areuse et Roches de Treymont sur Champ-du-Moulin. 28 juin 1908. — Roches de Chatollion sur Saint-Blaise. 7 juillet 1908. — Tête-Plumée sur Neuchâtel. 17 juillet 1908. — Sentier de Chambrelien à Champ-du-Moulin. 16 mai 1909. — Tête-de-Rang. 19 septembre 1909. — La station la plus basse est le Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel où je l'ai rencontré encore le 30 octobre 1909.

Sur : *Barbarea vulgaris*, R. Br. — Bord du lac, Colombier. Août 1868. (Herb. Morthier.)

Sur : *Capsella Bursa-pastoris*, Mönch. — Très commun partout au bord des routes et des chemins, dans les champs et les prés, les décombres, au bord des haies et à la lisière des bois ; se développe à partir du mois d'avril jusqu'à la fin d'octobre ; se rencontre de la plaine à la montagne. (Herb. Morthier.)

Sur : *Cardamine silvatica*, Link. — Bois entre les pâturages du Creux-du-Van et ceux de la montagne de Boudry. 1er août 1909. Bois, versant nord du Mont-Racine. 19 septembre 1909.

Sur : *Cochlearia Armoracia*, L. — Sans indication de date ni de localité dans l'herbier Morthier, mais provenant probablement du canton. Assez fréquent dans les jardins potagers à Neuchâtel et Saint-Blaise (je ne l'ai pas constaté ailleurs), dans le courant des mois de juin, juillet et août en particulier.

Sur : *Sinapis arvensis*, L. — Champ au bas des Allées de Colombier. 30 juillet 1907. — Champs près de la Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908.

ALBUGO TRAGOPOGONIS (Persoon). S.-F. Gray.

Dans le catalogue de Morthier, pour cette espèce on trouve la seule indication suivante : *Cystopus cubicus*, Strss., sur les feuilles de scorsonères dans les jardins.

Sur : *Cirsium oleraceum*, Scop. — Champs près du lac de Saint-Blaise. 20 septembre 1908 et 14 août 1909.

Sur : *Cirsium rivulare*, Link. — Pâturages près du marais de la Joux du Plâne sur Dombresson. 15 août 1909.

Sur : *Scorzonera hispanica*, L. — Corcelles. Juillet 1866. (Herb. Morthier.) Jardins potagers près du lac de Saint-Blaise. 14 août 1909.

Sur : *Tragopogon orientalis*, L. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 27 mai 1908. Bord de la Thielle entre Epagnier et Préfargier. 3 juillet 1909. Fossé des cibleries, bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 1er septembre 1909.

## PÉRONOSPORACÉES

Des 6 genres de cette famille, nous en trouvons 4 représentés dans le canton et des 67 espèces, 33 ont été rencontrées sur un assez grand nombre de supports phanérogamiques différents, soit sur plus de 100. Les genres *Basidiophora* et *Sclerospora* qui nous manquent encore ont bien des chances d'être récoltés à l'occasion de recherches ultérieures et cela d'autant plus que M. le pasteur Cruchet, de Montagny sur Yverdon, les indique au bord du lac entre Grandson et Yverdon. Quant au nombre des espèces, il est probable qu'il s'augmentera encore, mais pas très sensiblement; en effet, quelques-unes se développent sur des plantes que nous ne possédons pas, tandis que d'autres sont très rares, mentionnées à une ou deux localités seulement; il n'est cependant pas impossible qu'on rencontre aussi une fois ou l'autre dans le canton de Neuchâtel les espèces de ce dernier groupe.

### Genre **Phytophthora**, De Bary.

PHYTOPHTHORA INFESTANS (Montagne), De Bary.

Sur : *Solanum tuberosum*, L. — Cette espèce est très répandue partout dans les champs et constitue ce qu'on appelle la

« maladie des pommes de terre », bien connue des agriculteurs. Elle est tout particulièrement répandue chez nous dans le mois d'août et donne aux plantes attaquées un aspect tout spécial et bien caractéristique. Ce parasite, déjà indiqué dans le catalogue de Morthier sous le nom de *Peronospora infestans*, Montg., se retrouve aussi dans son herbier, mais d'une seule station (Dombresson); de mon côté, je l'ai observé un peu partout, de la plaine jusqu'à la montagne.

### Genre **Plasmopara**, Schröter.

#### Plasmopara pusilla (De Bary), Schröter.

Sur : *Geranium silvaticum*, L. — Juin 1863. (Herb. Morthier), sans indication de localité, mais provenant probablement du canton, et cela d'autant plus que dans le catalogue de Morthier on trouve : *Peronospora pusilla*, Unger, sur les feuilles de *Geranium silvaticum*. De mon côté, j'ai fréquemment rencontré ce champignon, mais toujours à la montagne dans les pâturages, à la lisière des bois ou dans les clairières des forêts. Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909. — Chaumont. Juin 1875 (herb. Morthier) et 4 juillet 1909. — La Dame (chaîne de Chaumont). 4 juillet 1909. — Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909. — Clairière de bois entre Lignières et Chasseral. 9 octobre 1909. — La station la plus basse est Pierre-à-Bot sur Neuchâtel, où j'ai récolté ce parasite le 29 mai 1904.

#### Plasmopara nivea (Unger), Schröter.

Le catalogue de Morthier indique pour cette espèce : *Peronospora nivea*, Unger, sur les feuilles d'Ombellifères.

Sur : *Ægopodium Podagraria*, L. — Très commun dans les haies et les bois, surtout en mai et juin, dans toute l'aire de dispersion du phanérogame. (Herb. Morthier.)

Sur : *Laserpitium latifolium*, L. — Lisière de bois entre Le Landeron et Lignières. 10 juillet 1901. — Bois du Chanet près Neuchâtel. 6 juillet 1903. — Pâturages, mont des Verrières et Côte-aux-Fées. 23 juillet 1903. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 15 juillet 1903 et 1er août 1909. — Pâturages aux Cernets sur les Verrières. 23 juillet 1909.

Sur : *Pastinaca sativa*, L. — Champs entre Wavre et Epagnier. 10 octobre 1908.

Sur : *Pimpinella magna*, L. — Le Pâquier, Val-de-Ruz. Juin 1863. (Herb. Morthier.)

PLASMOPARA PYGMÆA (Unger), Schröter.

On trouve dans le catalogue de Morthier : *Peronospora pygmæa*, Unger, sur les feuilles de *Anemone nemorosa* au printemps.

Sur : *Anemone alpina,* L. — Pâturages du Creux-du-Van. 1er août 1909.

Sur : *Anemone Hepatica,* L. — Abondant dans les bois au-dessus du Pertuis-du-Soc, du Plan et de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. Dans le courant du mois de juin 1909. Je n'ai pas rencontré ce parasite à d'autres localités.

Sur : *Anemone nemorosa.* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame ; tout particulièrement fréquent en mai. (Herb. Morthier.)

PLASMOPARA DENSA (Rabenh), Schröter.

Sur : *Rhinanthus hirsutus,* All. — Champs le long de la Thielle près de Cressier. 23 mai 1909. — Pâturages, Signal de Chaumont et La Dame. 4 juillet 1909.

Sur : *Rhinanthus minor*, Wimm., Grab. — Pâturages des Verrières ; entre les Cernets et La Cornée sur Les Verrières et entre Le Brazel et Les Taillières, vallée de La Brévine. 25 juillet 1909.

PLASMOPORA VITICOLA (Berkeley et Curtis), Berlese et De Toni.

Sur : *Vitis vinifera,* L. — Commun dans tout le vignoble où il est plus ou moins abondant suivant les années ; c'est le trop célèbre et redoutable mildiou de la vigne qui souvent cause des dégâts considérables.

## Genre **Bremia,** Regel.

BREMIA LACTUCÆ, Regel.

Cette espèce, la seule du genre dans l'Europe centrale, s'attaque à une série de Composées ; j'ai eu l'occasion de la rencontrer dans le canton de Neuchâtel :

Sur : *Carduus defloratus,* L. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et les pâturages du Mont-Racine. 19 septembre 1909.

Sur : *Crepis blattarioides,* Vill. — Pâturages du Creux-du-Van. 1er août 1909. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 20 août 1909.

Sur : *Hieracium boreale*, Fr. — Bois entre Crostant et le Villaret sur Corcelles. 11 septembre 1909.

Sur : *Hieracium murorum*, auct. — Bois, Tête-Plumée sur Neuchâtel. 28 juin 1909. — Bois près de la Fontaine-Froide, Creux-du-Van. 1er août 1909.

Sur : *Hieracium Pilosella*, L. — Champs entre Crostant et la Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908.

Sur : *Hieracium umbellatum*, L. — Taillis au bas du sentier de la Roche de l'Ermitage à la rue Fontaine-André, Neuchâtel. 3 septembre 1909.

Sur : *Lactuca sativa*, L., et ses variétés. — Commun dans les jardins potagers, surtout en juin, juillet et août.

Sur : *Lampsana communis*, L. — Fréquent aux environs de Neuchâtel de mai à octobre. Chemin des Valangines, Plan, Pertuis-du-Soc, Roche de l'Ermitage. Je n'ai pas constaté sa présence ailleurs.

Sur : *Senecio Jacobæa*, L. — Bord du lac près de la tuilerie de Cortaillod. 15 août 1908.

Sur : *Senecio vulgaris*, L. — Jardins potagers près du lac de Saint-Blaise. 8 septembre 1908. — Champs, Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909. — Champs au bord du lac à Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Sonchus asper*, All. — Commun, dans le vignoble, dans les champs et les cultures de juillet à septembre.

Sur : *Sonchus arvensis*, L. — Champs au bord du lac de Saint-Blaise. 4 septembre 1909. — Champ au bord du lac à Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Sonchus oleraceus*, L. — Commun, dans le vignoble, dans les champs et les cultures, surtout de juillet à septembre.

## Genre **Peronospora**, Corda.

### Peronospora Dianthi, De Bary.

Sur : *Agrostemma Githago*, L. — Dombresson, mai 1863 et Savagnier, Val-de-Ruz, novembre 1863. (Herb. Morthier et catalogue.)

Sur : *Silene inflata*, Sm. — Route de Savagnier, Val-de-Ruz. 11 juin 1861. (Herb. Morthier et catalogue.)

### Peronospora calotheca, De By.

Le catalogue de Morthier indique pour cette espèce : *Peronospora calotheca*, de Bary, sur les feuilles des Rubiacées.

Sur : *Asperula odorata*, L. — Très commun partout où se développe le phanérogame et surtout de mai à août. (Herb. Morthier.)

Sur : *Galium Aparine*, L. — Jardins potagers près du lac de Saint-Blaise. 19 avril 1908 et 2 mai 1909. — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 23 avril 1909. — Champs au bord du lac entre Auvernier et Colombier. 29 avril 1909. — Bords de chemins et haies au-dessus de Bevaix et entre Fresens et Montalchez. 30 mai 1909.

Sur : *Galium Mollugo*, L. — Dombresson. Août 1861. (Herb. Morthier.) — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 29 avril 1909.

Sur : *Sherardia arvensis*, L. — Colombier. 14 juillet 1867. (Herb. Morthier.)

### Peronospora Alsinearum, Caspary.

Le catalogue de Morthier indique cette espèce sur les feuilles d'Alsinées, de *Scleranthus*, au printemps.

Sur : *Arenaria serpyllifolia*, L. — Champs près du lac de Saint-Blaise. 28 septembre 1908. — Champs entre Epagnier et la Thielle. 10 octobre 1908.

Sur : *Cerastium semidecandrum*, L. — Corcelles. 20 avril 1867. (Herb. Morthier.)

Sur : *Cerastium triviale*, Link. — Champs Prise-Imer sur Corcelles. 17 mai 1908. — Jardins potagers et champs près du lac de Saint-Blaise. 28 septembre 1908 et 2 mai 1909. — Champs près de Combe-Varin, vallée des Ponts. 15 juin 1908. — Champs le long de la Thielle, près du pont de Saint-Jean. 23 mai 1909.

Sur : *Scleranthus annuus*, L. — Lignières. Avril 1867. (Herb. Morthier.)

Sur : *Stellaria media*, Cirill. — Très commun dans les champs et partout où se développe le phanérogame ; se rencontre d'avril à octobre et même novembre. (Je l'ai rencontré aux Fahys près Neuchâtel, le 7 novembre 1908.)

### Peronospora Myosotidis, De Bary.

Le catalogue de Morthier l'indique sur *Lithospermum arvense*, au Val-de-Ruz.

Sur : *Lithospermum arvense*, L. — Savagnier, Val-de-Ruz. Mai 1865. (Herb. Morthier.)

Sur : *Myosotis intermedia*, Link. — Champs près du stand et des cibleries de Corcelles. 1er mai 1909.

Sur : *Myosotis silvatica*, Hoffm. — Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909.

### Peronospora Viciæ (Berkeley), De Bary.

Sur : *Lathyrus pratensis,* L. — Pâturages, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909.

Sur : *Lathyrus vernus,* Bernh. — Très commun dans tous les bois de la région du vignoble à la montagne ; se rencontre de mai à septembre. (Herb. Morthier.)

Sur : *Vicia Cracca,* L. — Champs au bord du lac entre Auvernier et Colombier. 29 avril 1909. — Champs entre la Prise-Imer et Corcelles. 1er mai 1909.

Sur : *Vicia sepium,* L. — Bois derrière l'asile de Pontareuse sur Boudry. 16 mai 1909. — Forêts de Boudry et de Bevaix (au pied de la montagne de Boudry). 30 mai 1909. — Bois du Devens sur Gorgier. 30 mai 1909. — Bois, Maujobia sur Neuchâtel. 13 juin 1909.

### Peronospora Trifoliorum, De Bary.

Le catalogue de Morthier l'indique sur les feuilles de trèfle et de luzerne, au printemps.

Sur : *Coronilla varia,* L. — Chemin de l'Abbaye de Fontaine-André à Hauterive. 21 juin 1908. — Chemin de la Grande-Côte, pente sud de Chaumont, au-dessus de La Coudre. 12 août 1909.

Sur : *Medicago sativa,* L. — Champs, Peseux. Avril 1869. (Herb. Morthier.) — Saint-Blaise et plateau de Wavre. 3 juillet 1909. — Chanet près Neuchâtel. 20 septembre 1909.

Sur : *Melilotus officinalis,* Desr. — Bord du lac, près de la tuilerie de Cortaillod. 28 août 1909.

Sur : *Ononis procurrens,* Wallr. — Prés et champs entre Thielle et Préfargier. 3 juillet 1909.

Sur : *Trifolium campestre,* Schreb. — Prés, plateau de Wavre. 3 juillet 1909.

Sur : *Trifolium medium,* L. — Commun un peu partout dans les bois où se développe le phanérogame ; se rencontre surtout de mai à juillet. (Herb. Morthier.)

Sur : *Trifolium repens,* L. — Bord de chemins, Thielle. 3 juillet 1909.

Sur : *Trifolium rubens,* L. — Bois, Roche de l'Ermitage sur Neuchâtel. 15 juin 1909. (En compagnie de *Trifolium medium,* attaqué par le même parasite.)

### Peronospora Dipsaci, Tulasne.

Sur : *Dipsacus silvestris,* Huds. — Août 1863. (Herb. Morthier.) Sans indication de localité, mais provenant fort proba-

blement du canton, car dans le catalogue on retrouve cette espèce indiquée sur *Dipsacus silvestris*, en été.

### Peronospora Violæ, De Bary.

Sur : *Viola tricolor*, L., et sa variété *arvensis*. — Commun dans les champs surtout au premier printemps et à l'arrière-automne; je ne l'ai vu que dans le vignoble.

### Peronospora Lamii, A. Braun.

Le catalogue de Morthier indique : *Peronospora Calaminthæ*, Fuckel, sur les feuilles de *Calamintha Acinos*, au Val-de-Ruz. Les échantillons ne se retrouvent pas dans l'herbier Morthier.

Sur : *Lamium album*, L. — Haie près du Saut-du-Doubs. 25 mai 1904.

Sur : *Lamium amplexicaule*, L. — Champs, Le Suchiez près Neuchâtel. 10 avril 1908. — Maujobia sur Neuchâtel. 19 avril 1909.

Sur : *Lamium maculatum*, L. — Champs, Le Suchiez près Neuchâtel. 10 avril 1908.

Sur : *Lamium purpureum*, L. — Champs au bord du lac à Colombier. 29 avril 1909. — Champs près du lac de Saint-Blaise. 2 mai 1909.

### Peronospora arborescens (Berkeley), De Bary.

Sur : *Papaver dubium*, L. (*P. Lecoquii*, Lamotte). — Champs, Beauregard près Neuchâtel. 25 juin 1908. — Maujobia sur Neuchâtel. 4 juin 1908. — Champs entre le pont de Saint-Jean et Le Landeron. 23 mai 1909.

Sur : *Papaver Rhoeas*, L. — Juin 1863. (Herb. Morthier.) Sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton, car, dans le catalogue, on trouve ce support indiqué. Décombres, Beauregard près Neuchâtel. 25 juin 1908.

### Peronospora Euphorbiæ, Fuckel.

Sur : *Euphorbia amygdaloides*, L. — Bois, sentier C. A. S. le long de la carrière près de la Roche de l'Ermitage sur Neuchâtel. 9 et 14 juin 1908. — Bois derrière l'école de Chaumont. 20 juin 1908. — Bois de Peseux. 5 septembre 1908.

### Peronospora affinis, Rossmann.

Sur : *Fumaria officinalis*, L. — Champs près du lac de Saint-Blaise. 26 septembre 1908.

### Peronospora Valerianellæ, Fuckel.

Sur : *Valerianella Olitoria*, Poll. — Indiqué dans le catalogue sur les tiges et feuilles de *Valerianella*, au printemps. Dombresson. 15 avril 1862. (Herb. Morthier.) — Prés au bord du lac entre Auvernier et Colombier. 19 mai 1908. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 mai 1908.

### Peronospora effusa (Grev.), Rabenhorst.

Morthier, dans son catalogue, indique cette espèce sur les feuilles de Chénopodées, au printemps.

Sur : *Atriplex patula*, L. — Dombresson. Mai 1863. (Herb. Morthier.) — Champs, Epagnier. 10 octobre 1908.

Sur : *Chenopodium album*, L. — Commun dans les champs, surtout en juin, juillet et août.

Sur : *Chenopodium Bonus Henricus*, L. — Assez commun au bord des chemins et surtout à proximité ou dans les villages ; se développe surtout en juin et juillet. (Herb. Morthier.)

Sur : *Spinacia oleracea*, L. — Jardins potagers à Neuchâtel, dans le courant des mois de juin et juillet 1909.

### Peronospora Chrysosplenii, Fuckel.

Sur : *Chrysosplenium alternifolium*, L. — Gorge du Pàquier, Val-de-Ruz. Mai 1866. (Herb. Morthier et catalogue.)

### Peronospora grisea, Unger.

Sur : *Veronica agrestis*, L. — Champs au bord du lac à Colombier. 12 avril 1908.

Sur : *Veronica Chamædrys*, L. — Bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 18 mai 1909. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 17 juin 1909. — Bois, chemin de la Châtelainie, non loin de la carrière près de la Roche de l'Ermitage sur Neuchâtel. 19 juin 1909.

Sur : *Veronica hederefolia*, L. — Commun dans les champs et au bord des chemins, dans le vignoble, surtout dans le courant d'avril.

Sur : *Veronica officinalis*, L. — Bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 18 mai 1909. — Bois, chemin de la Châtelainie, non loin de la carrière près de la Roche de l'Ermitage sur Neuchâtel. 19 juin 1909. A ces deux localités se trouvaient côte à côte et malades *Veronica Chamædrys* et *officinalis*. Morthier, dans son catalogue, indique aussi ce parasite sur les feuilles de *Veronica officinalis*, au printemps, mais sans

donner d'indications plus précises; je n'ai retrouvé, dans son herbier, aucun échantillon provenant du canton de Neuchâtel.

Sur : *Veronica polita,* Fr. — Champs entre Le Villaret et Corcelles. 17 avril 1908.

Sur : *Veronica serpyllifolia,* L. — Sarroyer au-dessus de Villiers, Val-de-Ruz. Mai 1865. (Herb. Morthier; non mentionné dans le catalogue.) Prés et champs entre le Pertuis-du-Soc et la Roche de l'Ermitage sur Neuchâtel. 19 mai 1909.

Sur : *Veronica Teucrium,* L. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs (près de Tête-de-Rang). 19 septembre 1909.

Sur : *Veronica urticifolia,* L. — Bois entre la Fontaine-Froide et les pâturages du Creux-du-Van. 16 juillet 1903.

### Peronospora Linariæ, Fuckel.

Sur : *Linaria minor,* Desf. — Champs près du lac de Saint-Blaise. 26 septembre 1908. En compagnie de *Linaria vulgaris,* malade.

Sur : *Linaria vulgaris,* Mill. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 septembre 1908. — Près du lac de Saint-Blaise. 18 et 26 septembre 1908. — Entre Epagnier et la Thielle. 10 octobre 1908.

### Peronospora Ficariæ, Tulasne.

Le catalogue de Morthier indique pour cette espèce :

*Peronospora ficariæ,* Tul., sur les feuilles de *Ficaria ranunculoides,* au printemps, et *Peronospora ranunculi,* Fuckel, sur les feuilles de *Ranunculus bulbosus, repens,* au printemps.

Sur : *Ficaria verna,* Huds. — Assez commun à la lisière des bois, le long des haies et des chemins, en avril et mai; je ne l'ai récolté que dans le vignoble. (Herb. Morthier, Corcelles. Avril 1869.)

Sur : *Ranunculus aconitifolius,* L. — Juin 1863. (Herb. Morthier.) Sans indication de localité, mais provenant probablement du canton.

Sur : *Ranunculus acris,* L. — Commun, au bord des chemins, dans les haies et les prés, surtout en avril et mai. Je ne l'ai rencontré que dans le vignoble.

Sur : *Ranunculus bulbosus,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame, surtout en avril et mai. Je ne l'ai récolté que dans le vignoble. Indiqué dans le catalogue de Morthier, mais ne se retrouve pas dans son herbier.

Sur : *Ranunculus platanifolius,* L. — Bois, sentier de Rochefort à Tablette. 6 juin 1909. — Combe des Cugnets, versant

nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909. — Bois entre Chaumont et La Dame. 4 juillet 1909.

Sur : *Ranunculus repens,* L. — Très commun partout et dans toute l'aire de dispersion du phanérogame, surtout en avril et mai. (Herb. Morthier.)

### Peronospora Urticæ (Liebert), De Bary.

Le catalogue de Morthier indique cette espèce sur les feuilles d'*Urtica dioica,* mais sans indication de localité. L'herbier Morthier ne renferme aucun échantillon provenant du canton de Neuchâtel et, de mon côté, je ne l'ai rencontrée nulle part.

### Peronospora Schleideni, Unger.

Sur : *Allium fistulosum,* L. — Jardins potagers près du lac de Saint-Blaise. 16 août 1909.

### Peronospora parasitica (Pers.), Tulasne.

Le catalogue de Morthier indique cette espèce sur les feuilles de Crucifères, au printemps.

Sur : *Alliaria officinalis,* Andrz. — Haies près de l'Observatoire. 3 juin 1906 et au Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel en juin 1908.

Sur : *Arabis hirsuta,* Scop. — Pâturages, marais des Ponts près de Plamboz. 6 juin 1909. — Prés, Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 14 juin 1909.

Sur : *Arabis Turrita,* L. — Bois, pente sud de la montagne de Boudry. 1er août 1909.

Sur : *Cardamine hirsuta,* L. — Bois de l'Eter près Frochaux sur Saint-Blaise. (Herb. Morthier.) — Champs au bord du lac entre Auvernier et Colombier. 12 avril 1908.

Sur : *Erophila verna,* E. Mey. — Commun dans les champs, les prés et les décombres, surtout dans le courant du mois de mai. Je ne l'ai vu que dans le vignoble, mais doit aussi se rencontrer plus haut; ainsi les échantillons de l'herbier Morthier proviennent de Rochefort, le 12 mai 1867.

Sur : *Reseda luteola,* L. — Décombres à Beauregard près de Neuchâtel. 31 août 1909.

Sur : *Sisymbrium officinale,* Scop. — Bords de chemins. Chemin des Pavés. 25 juin 1909. — Maujobia. 18 septembre 1909. — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 12 octobre 1909.

Sur : *Stenophragma Thalianum*, Celak. — Champs près du stand de Corcelles. 1er mai 1909.

Sur : *Thlaspi alpestre*, L. — Pâturages, marais des Ponts près de Plamboz. 6 juin 1909.

Sur : *Thlaspi perfoliatum*, L. — Commun dans les champs, les prés et au bord des chemins, en avril et mai. Je ne l'ai récolté que dans le vignoble. (Herb. Morthier, sans indication de localité.)

### Peronospora Corydalis, De Bary.

Sur : *Corydalis cava*, Schw., Krt. — Gorge du Pâquier, Val-de-Ruz. (Herb. Morthier et catalogue.) — Bois, gorges du Doubs au-dessus des Graviers. 20 mai 1909.

### Peronospora Rumicis, Corda.

Sur : *Rumex Acetosa*, L. — Sentier du Vauseyon au Chanet près de Neuchâtel. 20 mai 1908.

Sur : *Rumex Acetosella*, L. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 mai 1908.

Sur : *Rumex arifolius*, All. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 5 juillet 1908.

### Peronospora Polygoni, Thümen.

Sur : *Polygonum Convolvulus*, L. — Champs près du lac de Saint-Blaise. 3 juillet 1909.

### Peronospora sordida, Berkeley.

Sur : *Scrophularia aquatica*, L. — Champs entre Epagnier et la Thielle. 10 octobre 1908. — Champs au bord du lac à Colombier. 10 août 1909.

Sur : *Scrophularia nodosa*, L. — Gorges du Doubs entre Moron et les Graviers. 20 mai 1909. — Bois, pente sud de Chaumont, chemin de la Grande-Côte sur La Coudre. 19 juin 1909.

### Peronospora pulveracea, Fuckel.

Sur : *Helleborus fœtidus*, L. — Très commun au bord des chemins et des haies, à la lisière des bois et dans les forêts, de juin à octobre, dans toute l'aire de dispersion du phanérogame. (Herb. Morthier et catalogue.)

PERONOSPORA ALTA, Fuckel.

Sur : *Plantago major*, L. — Assez commun au bord des chemins, dans les champs et les prés, surtout en juillet et août. Je ne l'ai rencontré que dans le vignoble, mais doit certainement se trouver aussi ailleurs.

## USTILAGINÉES

Ce groupe de champignons très nombreux et très richement représenté dans l'Europe centrale, est actuellement l'objet d'une étude monographique en ce qui concerne la Suisse. Les Ustilaginées sont jusqu'à maintenant fort peu représentées dans le canton de Neuchâtel; Morthier lui-même, cet habile chercheur, ne mentionne que quelques espèces et de mon côté je n'ai pu en ajouter que quelques-unes à son catalogue. Ces parasites sont d'ailleurs toujours assez rares, sans compter qu'un grand nombre sont ou très fugaces ou très peu visibles, ce qui explique pourquoi il est très facile de passer à côté d'eux sans les remarquer, même lorsqu'on a l'habitude de ce genre de recherches. La seule espèce qui se rencontre communément est le charbon des céréales et surtout celui de l'avoine.

Je mentionnerai donc les quelques espèces récoltées jusqu'ici chez nous, qui serviront en quelque sorte de base pour des études ultérieures. D'après les documents que j'ai pu réunir, les Ustilaginées ne sont représentées dans le canton de Neuchâtel que par 7 genres et 12 espèces, se développant sur 17 phanérogames différents. Ces chiffres, comme on peut le voir, sont bien faibles en comparaison de ce qu'on a trouvé non seulement dans l'Europe centrale, mais en Suisse seulement. Espérons que les années prochaines combleront peu à peu les lacunes et que dans peu de temps nous aurons une meilleure vue d'ensemble sur la dispersion de cet intéressant groupe de champignons dans notre canton.

Pour ce qui concerne les observations faites par Morthier, j'ai adopté les mêmes annotations que pour les Péronosporinées, où je renvoie pour de plus amples renseignements.

### Genre **Ustilago**, Persoon.

USTILAGO AVENÆ (Pers.), Rostr.

Dans les ovaires de *Avena sativa*, L. — Très commun, à peu près dans tous les champs d'avoine, du vignoble à la

montagne. Son maximum de développement est en juillet et août. (Herb. Morthier.)

### Ustilago Hordei, Bref.

Dans les ovaires de *Hordeum* (*distichum?* L.) — (Herb. Morthier.) Sans indication de date ni de localité, mais provenant fort probablement du canton.

### Ustilago Tritici, Jensen.

Dans les ovaires de *Triticum vulgare*, Vill. — Juin 1861. (Herb. Morthier.) Doit provenir du canton, bien qu'il manque l'indication de la station. Champs, Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 7 juillet 1902.

Ces 3 espèces, dans le catalogue de Morthier, sont réunies en une seule et il indique : *Ustilago segetum*, Ditmar, sur les épis de céréales.

### Ustilago Zeæ Maydis (DC.).

On trouve dans le catalogue de Morthier : *Ustilago maydis*, Fuckel, sur les graines de maïs à Corcelles. Je n'ai pas retrouvé les échantillons dans son herbier et de mon côté je n'ai pas eu l'occasion de rencontrer ce parasite, la culture du maïs étant à peu près nulle dans le canton.

### Ustilago violacea (Pers.).

Dans les anthères de *Silene inflata*, Sm. — Pâturages à La Dame (Chaumont) et champs près d'Enges. 4 juillet 1909. Les plantes attaquées ont un aspect très spécial avec leurs anthères violacés et leurs pétales tachés de violet-sale grâce à la dispersion des spores.

Le catalogue de Morthier indique que cette espèce se trouve dans l'herbier Chaillet, sur les Lychnides, mais sans indication aucune de station, de sorte qu'on ne sait pas si les échantillons proviennent ou non du canton de Neuchâtel. Morthier lui-même n'a pas rencontré ce charbon chez nous.

### Ustilago Tragopogi pratensis (Pers.).

Cette espèce est indiquée dans le catalogue de Morthier sous le nom de *Ustilago receptaculorum*, Fr., dans les réceptacles de *Tragopogon*.

Dans le réceptacle de *Tragopogon orientalis,* L. — Dombresson 1861. (Herb. Morthier.) — Bord du lac à Cortaillod. 11 juin 1904. — Bord du lac à Colombier. 16 mai 1908.

### Genre **Sphacelotheca,** De Bary.

SPHACELOTHECA ISCHÆMI, Fuck.

Dans l'inflorescence de *Andropogon Ischæmum,* L. — Prés, Saint-Blaise au-dessus du tunnel du chemin de fer. 4 septembre 1909.

### Genre **Cintractia,** Magnus.

CINTRACTIA CARICIS (Pers.), Magn.

Indiqué dans le catalogue sous le nom de *Ustilago caricis,* Fuckel, sur les fruits de Carex.

Dans les ovaires de : *Carex alba,* Scop. — Valangin. Juin 1875. (Herb. Morthier.)

Dans les ovaires de : *Carex montana,* L. — 15 juin 1861. (Herb. Morthier.) Sans indication de localité, mais provenant vraisemblablement du canton. — Pâturages, chez Lambelet sur Les Verrières. 25 juillet 1909.

Dans les ovaires de : *Carex sempervirens,* Vill. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 23 août 1908 et 1er août 1909.

### Genre **Schizonella,** Schröter.

SCHIZONELLA MELANOGRAMMA (DC.).

Sur feuilles de : *Carex digitata,* L. — Bois, Maujobia sur Neuchâtel. 22 avril 1909.

### Genre **Tilletia,** Tulasne.

TILLETIA TRITICI, Bjerkander.

Dans les ovaires de : *Triticum vulgare,* Vill. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 21 juillet 1908.

Morthier, dans son catalogue, indique cette espèce sous le nom de *Tilletia caries,* Tul. Je n'ai retrouvé dans son herbier aucun échantillon de provenance neuchâteloise.

### Genre **Entyloma**, De Bary.

ENTYLOMA RANUNCULI (Benorden).

Sur feuilles de : *Ficaria verna*, Huds. — Haies entre Wavre et le lac de Saint-Blaise. 23 mai 1909.

### Genre **Urocystis**, Rabh.

UROCYSTIS COLCHICI (Schlecht).

Dans les feuilles de : *Colchicum autumnale*, L. — Clemesin sur Villiers, Val-de-Ruz. Mai à juin 1861. (Herb. Morthier et catalogue.) — Pâturages, Les Verrières. 25 juillet 1909.

UROCYSTIS ANEMONES (Persoon).

Le catalogue de Morthier indique: *Urocystis pompholygodes*, Lév., sur les feuilles et tiges de Renonculacées.

Dans les feuilles de : *Anemone Hepatica*, L. — Commun dans les bois de toute la pente sud de Chaumont, depuis le Pertuis-du-Soc et le bois de l'Hôpital, ainsi que le Mail sur Neuchâtel, jusqu'au Signal de Chaumont. Je ne l'ai pas constaté ailleurs. Abondant surtout en juin et juillet.

Dans les feuilles de : *Anemone nemorosa*, L. — Commun dans les bois de la pente sud de Chaumont, dans les forêts de Boudry et Bevaix (au pied de la montagne de Boudry) et dans les bois au pied des Roches de Chatollion sur Saint-Blaise ; se développe surtout dans le courant du mois de mai. Chaumont et Planches sur Dombresson, en mai 1863, dans l'herbier Morthier.

Dans les feuilles de : *Ranunculus bulbosus*, L. — Au-dessus de Dombresson. 29 juin 1861. (Herb. Morthier.)

Dans les feuilles de: *Ranunculus repens*, L. — Bois de Bussy près de Valangin. Juin 1874. (Herb. Morthier.)

## URÉDINÉES

Les Urédinées sont, pour le moment, les champignons les mieux étudiés de la Suisse et, pour ce qui concerne le canton de Neuchâtel, on peut dire que ce groupe a été fouillé avec assez de soins pour permettre de supposer qu'il ne doit pas rester beaucoup d'espèces à trouver, bien qu'il ne soit pas permis de l'affirmer, tant on a de surprises dans ce domaine.

En effet, dans le courant de 1909, j'ai trouvé bien des espèces intéressantes m'ayant complètement échappé en 1908 et cela à des endroits où antérieurement j'avais passé maintes fois.

Morthier, à partir de 1861, a récolté un grand nombre d'espèces dans le canton et en particulier quelques-unes qui n'ont pas été retrouvées depuis. Les autres, du moins presque toutes, ont été rencontrées par M. le professeur Ed. Fischer de Berne ou par moi-même au cours d'excursions botaniques.

Les Urédinées sont représentées en Suisse par environ 400 espèces se développant sur plus de 800 phanérogames différents; tel est, en chiffres ronds, ce que nous savons actuellement sur la répartition de ces champignons sur le territoire helvétique. Pour ce qui concerne spécialement le canton de Neuchâtel, nous y trouvons 230 espèces s'attaquant à 450 phanérogames différents, donc plus de la moitié de la totalité des rouilles mentionnées jusqu'ici en Suisse. Ce nombre est relativement très considérable, surtout quand on songe aux dimensions de notre canton et surtout au fait qu'il nous manque toute la flore alpine; cette richesse tient surtout à ce que notre flore neuchâteloise a été étudiée assez à fond et nous place ainsi parmi les cantons les plus connus dans ce domaine si intéressant et si captivant.

Si nous prenons séparément les diverses régions du canton, on constate que le vignoble est le plus riche et renferme le 43 % de la totalité des espèces rencontrées dans le canton. On y trouve :

Uromyces Scillarum.
— Betæ.
— Ficariæ.
— Geranii.
— Kabatianus.
— appendiculatus.
— Trifolii-repentis.
— Trifolii.
— minor.
— Pisi.

Uromyces Anthyllidis.
— Ononidis.
— Genistæ tinctoriæ.
— Onobrychidis.
— Valerianæ.
— Polygoni.
— Behenis.
— Fabæ.
— Dactylidis.
— Poæ.

Puccinia fusca.
— Cari-Bistortæ.
— Ægopodii.
— Petroselini.
— Conii.
— Athamantæ.
— Chærophylli.

Puccinia Acetosæ.
— Violæ.
— Adoxæ.
— Epilobii-tetragoni.
— Menthæ.
— Absinthii.
— Balsamitæ.

Puccinia Chrysanthemi.
— Cirsii lanceolati.
— Chondrillæ.
— Lampsanæ.
— Crepidis.
— Tragopogi.
— Cirsii.
— suaveolens.
— Jaceæ.
— Cyani.
— Taraxaci.
— Cichorii.
— Hieracii.
— Leontodontis.
— Picridis.
— crepidicola.
— Iridis.
— graminis.
— Phragmitis.
— Cesatii.
— Caricis.
Gymnosporangium clavariæforme.
— tremelloïdes.
— Sabinæ.
Phragmidium Sanguisorbæ.
— Potentillæ.
— Fragariastri.
— violaceum.
— Rubi.
Triphragmium Ulmariæ.
Cronartium asclepiadeum.
— ribicolum.
Coleosporium Campanulæ.
Puccinia Ribesii-Caricis.
— Æcidii-Leucanthemi.
— Caricis-montanæ.
— Millefolii.
— Polygoni amphibii.
— Polygoni.
— Arenariæ.
— Malvacearum.
— Buxi.
— Glechomatis.
— Galii.
— Celakowskyana.
— Arrhenatheri.
— Agropyri.
— Symphyti-Bromorum.
— Poarum.
— Triseti.
— glumarum.
— Baryi.
— coronata.
— coronifera.
Coleosporium Inulæ.
— Tussilaginis.
— Senecionis.
— Sonchi.
Pucciniastrum Epilobii.
Melampsora Evonymi-Caprearum.
— Lini.
— Helioscopiæ.
— Cyparissiæ.
Melampsorella Caryophyllacearum.
Uredo Murariæ.

Les forêts du canton, tant celles du haut Jura que les autres nous fournissent le 39 % des espèces neuchâteloises: on y rencontre en particulier:

Uromyces Veratri.
— Aconiti-Lycoctoni.
— Geranii.
— Pisi.
— Valerianæ.
Uromyces Cacaliæ.
— inæquialtus.
— Fabæ.
— Dactylidis.
— Scrophulariæ.

Puccinia fusca.
— Ægopodii.
— Angelicæ.
— Saniculæ.
— Bupleuri falcati.
— Pimpinellæ.
— Chærophylli.
— Acetosæ.
— Violæ.
— Epilobii-tetragoni.
— Pruni spinosæ.
— Primulæ.
— Menthæ.
— Prenanthis purpureæ.
— Mulgedii.
— Chondrillæ.
— Lampsanæ.
— præcox.
— major.
— Cirsii.
— Centaureæ.
— Carduorum.
— Hieracii.
Gymnosporangium tremelloides.
— juniperinum.
— Amelanchieris.
Gymnoconia interstitialis.
Phragmidium subcorticium.
— tuberculatum.
— fusiforme.
— Rubi.
— Rubi-Idæi.
Chrysomyxa Pirolæ.
— Empetri.
Endophyllum Euphorbiæ-silvaticæ.
Coleosporium Melampyri.
— Euphrasiæ.
— Campanulæ.
— Cacaliæ.
— Tussilaginis.
— Petasitis.
Puccinia obscura.
— graminis.
— Anthoxanthi.
— Ribesii-Caricis.
— Opizii.
— silvatica.
— Morthieri.
— Arenariæ.
— Buxi.
— Veronicarum.
— Galii.
— Asperulæ odoratæ.
— Valantiæ.
— Smilacearum-Digraphidis.
— Orchidearum-Digraphidis.
— Agrostidis.
— Poarum.
— Baryi.
— coronifera.
— Melicæ.
— Festucæ.
Coleosporium Senecionis.
Ochropsora Sorbi.
Pucciniastrum Epilobii.
— Gœppertianum.
— Vacciniorum.
— Galii.
Hyalopsora Polypodii.
— Polypodii-Dryopteridis.
— Kriegeriana.
Uredinopsis filicina.
Melampsora Hypericorum.
— Euphorbiæ dulcis.
Melampsoridium betulinum.
Melampsorella Caryophyllacearum.
— Blechni.
— Dieteliana.
Æcidium Rhamni.
Uredo Murariæ.

Les pâturages, les éboulis et les rochers du Jura, quoique moins riches que les deux régions précédentes, sont cependant représentés par le 21 % des espèces :

Uromyces Veratri.
— Caricis sempervirentis.
— minor.
— Pisi.
— Anthyllidis.
Puccinia Veratri.
— Mougeotii.
— Cari-Bistortæ.
— Polygoni-vivipari.
— Astrantiæ.
— Chærophylli.
— athamantina.
— albescens.
— Epilobii-tetragoni.
— Dubyi.
— Gentianæ.
— Menthæ.
— conglomerata.
— Cirsii-lanceolati.
— Crucheti.
Triphragmium echinatum.
Hyalopsora Polypodii.
Melampsora Hypericorum.
— Lini.
— Cyparissiæ.
Uromyces scutellatus.
— Alchimillæ.
— Alchimillæ alpinæ.
— Phyteumatum.
— Dactylidis.
Puccinia Tragopogi.
— Carlinæ.
— Cirsii.
— suaveolens.
— montana.
— Carduorum.
— Crepidis blattarioidis.
— graminis.
— Anthoxanthi.
— Æcidii-Leucanthemi.
— Caricis-montanæ.
— Thesii.
— Thlaspeos.
— Triseti.
Coleosporium Cacaliæ.
— Tussilaginis.
Æcidium Rhamni.
— Euphorbiæ.
Uredo Murariæ.

Les stations xérothermiques, avec leur flore si intéressante et si caractéristique ne renferment que le 14 % de la totalité de nos espèces. On y rencontre :

Uromyces Kabatianus.
— Pisi.
— Anthyllidis.
— Genistæ tinctoriæ.
Puccinia Athamanthæ.
— Chondrillæ.
— Lampsanæ.
— graminis.
— longissima.
— Linosyridi-Caricis.
— verruca.
— Polygoni.
Uromyces scutellatus.
— graminis.
— Ervi.
— Dactylidis.
Puccinia Thlaspeos.
— annularis.
— Stachydis.
— grisea.
— Valantiæ.
— Allii.
— coronifera.
— Festucæ.

Gymnosporangium tremelloides.
— juniperinum.
— Amelanchieris.
Phragmidium subcorticium.
Triphragmium Filipendulæ.
Cronartium asclepiadeum.
Coleosporium Melampyri.
— Campanulæ.
Uredo Murariæ.

La grève du lac vient immédiatement après avec le 13 % de nos espèces ; ce sont en particulier :

Uromyces verruculosus.
— Pisi.
— Loti.
— Anthyllidis.
— Dactylidis.
— Junci.
Puccinia Epilobii-tetragoni.
— Menthæ.
— Lampsanæ.
— Carlinæ.
— Magnusiana.
— graminis.
— Phragmitis.
— Brunellarum-Moliniæ.
— Caricis.
— Orchidearum-Phalaridis.
Puccinia persistens.
— Symphyti-Bromorum.
— Poarum.
— pygmæa.
— coronata.
— coronifera.
Phragmidium Rubi.
Coleosporium Melampyri.
— Euphrasiæ.
— Campanulæ.
— Inulæ.
— Tussilaginis.
Melampsoridium betulinum.
Melampsorella Caryophyllacearum.
Æcidium Senecionis.

Les marais et les tourbières du haut Jura sont de beaucoup les régions les moins riches, car on n'y trouve plus que le 5 % de la totalité de nos espèces neuchâteloises :

Uromyces Alchimillæ.
— Valerianæ.
Puccinia Polygoni vivipari.
— uliginosa.
— paludosa.
— dioicæ.
Puccinia Virgaureæ.
Pucciniastrum Vacciniorum.
— Gœppertianum.
Melampsoridium betulinum.
Melampsorella Blechni.

Le Val-de-Ruz, le Val-de-Travers, le vallon de Lignières et des Brenets, la vallée des Ponts et de La Brévine, ainsi que les environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds, ont une flore intermédiaire entre celle du vignoble et celle des pâturages. En effet, on y retrouve presque toutes les espèces du vignoble et en plus un certain nombre d'autres descendues des pâturages. Dans ces régions on rencontre le 37 % de nos espèces, mais il est probable que ce chiffre est trop faible et

devra être augmenté lorsque nos diverses vallées auront été étudiées plus à fond ; on y trouve :

Uromyces Lilii.
— Ficariæ.
— Geranii.
— Trifolii.
— Pisi.
— Anthyllidis.
— Onobrychidis.
— Alchimillæ.
Puccinia fusca.
— Ægopodii.
— Petroselini.
— Pimpinellæ.
— Chærophylli.
— Bulbocastani.
— Acetosæ.
— Behenis.
— Lampsanæ.
— Tragopogi.
— Cirsii.
— suaveolens.
— Taraxaci.
— Hieracii.
— Picridis.
— Magnusiana.
— Thlaspeos.
— Malvacearum.
— grisea.
— Galii.
— Asperulæ Cynanchicæ.
— Celakowskyana.
— Orchidearum-Phalaridis.
— Arrhenatheri.
Gymnosporangium clavariæforme.
— tremelloides.
— Sabinæ.
Phragmidium Sanguisorbæ.
— Potentillæ.
— Fragariastri.
— violaceum.
— Rubi.
Triphragmium Ulmariæ.
Uromyces Phyteumatum.
— Valerianæ.
— Polygoni.
— Behenis.
— Fabæ.
— Dactylidis.
— Poæ.
Puccinia Violæ.
— albescens.
— Adoxæ.
— Epilobii-tetragoni.
— Gentianæ.
— Menthæ.
— Cirsii lanceolati.
— Chondrillæ.
— graminis.
— Caricis.
— Ribesii-Caricis.
— Caricis-montanæ.
— Opizii.
— Thesii.
— Polygoni.
— Rumicis scutati.
— persistens.
— Agropyri.
— dispersa.
— Symphyti-Bromorum.
— triticina.
— Poarum.
— simplex.
— coronifera.
Cronartium asclepiadeum.
— ribicolum.
Coleosporium Campanulæ.
— Tussilaginis.
— Sonchi.
Ochropsora Sorbi.
Pucciniastrum Circææ.
Melampsora Hypericorum.
— Lini.
— Cyparissiæ.
Æcidium Euphorbiæ.
Uredo Murariæ.

Comme je l'ai déjà dit au début de ce travail, le canton de Neuchâtel est très riche en champignons, grâce surtout à la grande diversité de sa flore phanérogamique, si bien qu'à certains endroits bien localisés il est possible de récolter un très grand nombre d'espèces différentes. Comme preuve à l'appui de cette affirmation, je prendrai deux exemples seulement choisis parmi les localités peut-être les mieux étudiées de notre canton : Le Creux-du-Van et Tête-Plumée sur Neuchâtel.

Par Tête-Plumée j'entends un triangle englobant tout le mamelon de ce nom et formé d'un côté par le chemin du Terrieux et le sentier à Marion, de l'autre par le chemin de la Chatelainie et celui dit Cadolles aux Porcs et dont la base serait une ligne passant par la carrière au bas des éboulis de Tête-Plumée et rejoignant d'une part le chemin du Terrieux et de l'autre celui dit Cadolles aux Porcs. Dans ce petit espace, d'une superficie de 16 hectares ou $^1/_6$ de kilomètre carré, nous trouvons deux régions bien différentes; au nord du mamelon, nous avons une zone boisée dont une partie est formée de rochers, alors que le versant sud est une station xérothermique des mieux caractérisées avec ses pelouses et ses taillis, des endroits rocheux et des éboulis. Je n'ai pas récolté moins de 59 espèces différentes à cette localité que j'ai pu étudier aussi à fond que possible vu sa proximité de Neuchâtel. J'y ai rencontré :

| | |
|---|---|
| Uromyces Kabatianus | sur Geranium pyrenaicum. |
| — Anthyllidis | — Anthyllis Vulneraria. |
| — Genistæ tinctoriæ | — Genista sagittalis. |
| — scutellatus | — Euphorbia Cyparissias. |
| — Valerianæ | — Valeriana officinalis. |
| — graminis | — Melica ciliata. |
| — Fabæ | — Lathyrus niger et vernus. |
| Puccinia fusca | — Anemone nemorosa. |
| — Ægopodii | — Ægopodium Podagraria. |
| — Athamantæ | — Peucedanum Cervaria. |
| — Bupleuri falcati | — Bupleurum falcatum. |
| — Violæ | — Viola silvatica. |
| — Epilobii-tetragoni | — Epilobium montanum. |
| — Pruni-spinosæ | — Prunus spinosa. |
| — Menthæ | — Calamintha officinalis. |
| — Prenanthis purpureæ | sur Prenanthes purpurea. |
| — Chondrillæ | sur Lactuca muralis. |
| — Lactucarum | — Lactuca perennis. |
| — Lampsanæ | — Lampsana communis. |

| | |
|---|---|
| Puccinia præcox | sur Crepis biennis. |
| — Hieracii | — Hieracium murorum. |
| — obscura | — Luzula pilosa. |
| — graminis | — Berberis vulgaris, Agrostis vulgaris, Dactylis glomerata, Kœleria cristata et valesiaca, Milium effusum, Poa compressa et nemoralis. |
| — longissima | — Sedum reflexum, Kœleria cristata et valesiaca. |
| — Ribesii-Caricis | — Ribes alpinum. |
| — Linosyridi-Caricis | — Linosyris vulgaris et Carex humilis. |
| — verruca | — Centaurea Scabiosa. |
| — Polygoni | — Polygonum dumetorum. |
| — Arenariæ | — Mœhringia muscosa et trinervia. |
| — Thlaspeos | — Arabis hirsuta. |
| — annularis | — Teucrium Chamædrys et Scorodonia. |
| — Galii | — Galium Mollugo et silvaticum. |
| — Asperulæ odoratæ | — Asperula odorata. |
| — Valantiæ | — Galium silvaticum. |
| — Allii | — Allium pulchellum et sphærocephalum. |
| — Poarum | — Tussilago Farfara et Poa nemoralis. |
| — coronifera | — Rhamnus cathartica, Bromus asper et erectus, Lolium perenne. |
| — Melicæ | — Melica nutans. |
| — Festucæ | — Lonicera alpigena et Xylosteum, Festuca ovina, duriuscula et rubra. |
| Gymnosporangium tremelloides | sur Sorbus Aria et Juniperus communis. |
| — juniperinum | sur Sorbus aucuparia. |
| — Amelanchieris | — Aronia rotundifolia et Juniperus communis. |
| Phragmidium subcorticium | sur Rosa spinosissima et tomentosa. |
| — tuberculatum | sur Rosa arvensis et canina. |
| — fusiforme | — Rosa alpina. |
| — Sanguisorbæ | — Sanguisorba minor. |
| — Rubi-Idæi | — Rubus Idæus. |
| Cronartium asclepiadeum | — Pinus silvestris et Vincetoxicum officinale. |

Coleosporium Melampyri sur Melampyrum cristatum et pratense.
— Campanulæ — Campanula rapunculoïdes et Trachelium.
Ochropsora Sorbi — Anemone nemorosa, Pirus communis, Sorbus Aria, aucuparia et torminalis, Aruncus silvestris.
Pucciniastrum Vacciniorum sur Vaccinium Myrtillus.
— Galii sur Asperula odorata.
Hyalopsora Polypodii — Cystopteris fragilis.
Melampsora Hypericorum — Hypericum montanum.
— Euphorbiæ dulcis — Euphorbia dulcis.
Melampsorella Caryophyllacearum sur Abies pectinata.
— Dieteliana sur Polypodium vulgare.
Æcidium Rhamni — Rhamnus alpina.

Au Creux-du-Van, dont la flore phanérogamique est bien connue pour sa grande richesse, j'ai récolté dans les bois entre les Œillons et le Soliat ou entre la Ferme-Robert et les pâturages, ainsi que dans les bois, les rochers et les éboulis du cirque du Creux-du-Van, 53 espèces différentes et je ne mentionne pas toutes celles qu'on peut recueillir dans les pâturages au-dessus des rochers. Voici la liste de ces espèces:

Uromyces Caricis sempervirentis sur Phyteuma orbiculare.
— Anthyllidis sur Anthyllis Vulneraria.
— scutellatus — Euphorbia verrucosa et cyparissias.
— Alchimillæ — Alchimilla vulgaris.
— Alchimillæ alpinæ — Alchimilla alpina.
— Valerianæ — Valeriana montana et officinalis.
— Cacaliæ — Adenostyles albifrons.
— Fabæ — Lathyrus vernus.
— Dactylidis — Ranunculus platanifolius.
Puccinia Astrantiæ — Astrantia major.
— Pimpinellæ — Pimpinella magna.
— Chærophylli — Chærophyllum aureum.
— Violæ — Viola silvatica.
— Epilobii-tetragoni — Epilobium montanum.
— Prenanthis purpureæ sur Prenanthes purpurea.
— Mulgedii sur Mulgedium alpinum.
— Chondrillæ — Lactuca muralis.
— præcox — Crepis biennis.
— major — Crepis paludosa.
— montana — Centaurea montana.

Puccinia Carduorum sur Carduus defloratus.
— Hieracii — Hieracium murorum.
— Crepidis blattarioidis sur Crepis blattarioides.
— graminis sur Berberis vulgaris, Dactylis glomerata et Poa nemoralis.
— Ribesii-Caricis — Ribes alpinum.
— Thesii — Thesium pratense.
— Arenariæ — Mœhringia trinervia.
— Thlaspeos — Thlaspi alpestre et montanum.
— Veronicarum — Veronica urticifolia.
— Galii — Galium silvaticum.
— Smilacearum-Digraphidis sur Polygonatum verticillatum.
— Agrostidis sur Aquilegia vulgaris.
— Poarum — Tussilago Farfara et Poa nemoralis.
— Festucæ — Lonicera alpigena et Xylosteum.
Gymnosporangium tremelloides sur Sorbus Aria.
— juniperinum sur Sorbus aucuparia.
Phragmidium subcorticium sur Rosa coriifolia.
— fusiforme sur Rosa alpina.
— Rubi-Idæi — Rubus Idæus.
Chrysomyxa Empetri — Empetrum nigrum.
Coleosporium Campanulæ — Campanula rapunculoides et Trachelium.
— Cacaliæ — Adenostyles albifrons et alpina.
— Petasitis — Petasites officinalis.
Pucciniastrum Epilobii — Epilobium angustifolium.
— Gœppertianum — Vaccinium Vitis Idæa.
— Vacciniorum — Vaccinium Myrtillus, Vitis Idæa et uliginosum.
Hyalopsora Polypodii dryopteridis sur Phegopteris Robertiana.
— Polypodii sur Cystopteris fragilis.
— Kriegeriana — Aspidium spinulosum.
Melampsora Euphorbiæ dulcis sur Euphorbia dulcis.
Melampsoridium betulinum sur Betula verrucosa.
Melampsorella Caryophyllacearum sur Abies pectinata.
Æcidium Rhamni sur Rhamnus alpina.

Un fait très intéressant, dont parle M. le professeur Ed. Fischer dans son ouvrage, est la persistance presque indéfinie des Urédinées à une même localité, pourvu naturellement qu'on ne détruise pas la station. En effet, j'ai eu l'occasion de récolter un certain nombre d'espèces rencontrées déjà par

Morthier il y a 30 ou 40 ans, et cela très probablement aux mêmes endroits. Je citerai par exemple : *Chrysomyxa Empetri, Pucciniastrum Goppertianum, Coleosporium Campanulæ* sur *Campanula latifolia* (récolté très vraisemblablement par Morthier à la Combe Biosse et où je l'ai retrouvé en 1909), *Triphragmium Filipendulæ,* etc., pour ne pas prolonger une liste qu'on pourrait rendre assez considérable.

Ce serait une grande erreur de croire que l'étude des Urédinées est achevée, même pour notre canton ; en effet, on verra par la suite qu'il y a encore bien des espèces qui prêtent à discussion et bien des points qui méritent une attention spéciale et nécessitent une série d'expériences afin de débrouiller un certain nombre de rouilles, surtout parmi les hétéroiques. Il reste donc une quantité de détails assez importants à élucider, qui feront probablement l'objet de recherches ultérieures. Il en est de même de la répartition des Urédinées dans les diverses régions du canton, et il est probable que la courte étude consacrée à ce sujet devra être complétée par la suite, lorsque nous connaîtrons mieux toutes les diverses parties de notre petit territoire.

J'ai adopté, pour ma liste des Urédinées neuchâteloises, l'ordre suivi par M. le professeur Ed. Fischer dans son remarquable ouvrage[1] qui, chaque jour, rend d'immenses services aux diverses personnes s'occupant de ce groupe de champignons.

Les supports phanérogamiques qui ne sont accompagnés d'aucune indication de localité sont ceux sur lesquels le parasite est si commun qu'il est superflu et inutile de mentionner toute une série de stations.

La mention : Herb. Morthier indique que l'espèce en question se trouve dans l'herbier cryptogamique de Morthier et provient du canton de Neuchâtel.

Le mot Catalogue indique que l'espèce en question est mentionnée dans le catalogue des champignons du canton de Neuchâtel, par Morthier et Favre.

Pour indiquer qu'un support est mentionné dans l'ouvrage de M. le professeur Ed. Fischer, je le fais précéder ou suivre de la mention : Uréd. de la Suisse.

L'indication : Ed. Fischer, signifie que le support en question, mentionné dans la monographie des Urédinées de la Suisse, a été trouvé par l'auteur lui-même ; de même Herb. Mayor indique que le support a fait partie de la collection qui

[1] *Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz.* Band II, Heft 2. *Die Uredineen der Schweiz,* von Ed. Fischer, Bern, 1904.

a été soumise à l'examen de M. le professeur Ed. Fischer avant la publication de son ouvrage.

Le mot Notes signifie que le support en question a été mentionné dans mes *Notes mycologiques*[1].

Enfin le mot Bulletin signifie que le support phanérogamique envisagé est mentionné dans un des *Bulletins de la Société botanique suisse* où, depuis 1904, sont indiquées toutes les choses nouvelles ou intéressantes rencontrées en Suisse et qui servent en quelque sorte, pour le moment, de supplément à l'ouvrage de M. le professeur Ed. Fischer.

On rencontrera encore quelques annotations s'expliquant d'elles-mêmes, car il s'agit presque toujours de botanistes ayant trouvé telle ou telle espèce dans le canton.

# PUCCINIACÉES

## PUCCINIÉES

### Genre **Uromyces**, Link.

#### Uromyces Scillarum (Grev.), Winter.

Sur : *Muscari racemosum,* DC. — Téleutospores. Se rencontre dans les vignes : au-dessus d'Hauterive. 17 avril 1908. — Maujobia. 18 avril 1908. — Saint-Blaise, vis-à-vis du lac de Saint-Blaise. 2 mai 1909.

#### Uromyces Veratri (DC.), Winter.

Sur : *Adenostyles albifrons*, Rchb. — Æcidies. Bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 10 juillet 1901. (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.) — Bois entre le Mont-Racine et la Combe des Cugnets. 20 juin 1909.

Sur : *Veratrum album*, L. — Uredos et téleutospores. Pâturages, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909. Généralement à la lisière des bois.

#### Uromyces Lilii (Link), Fuckel.

Sur : *Fritillaria Meleagris,* L. — Mentionné aux Brenets, au bord du lac, dans la *Monographie des Urédinées de la Suisse;*

[1] *Notes mycologiques* par Eug. Mayor. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXVI, 1909.

de mon côté, je l'ai retrouvé aussi au bout du lac des Brenets le 25 mai 1904 (æcidies et téleutospores sur les tiges et les feuilles).

Uromyces Caricis-sempervirentis, Ed. Fischer.

Sur : *Phyteuma orbiculare*, L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier (Fuckel, I, p. 63) ; Creux-du-Van. Mai 1869 (Herb. Morthier et catalogue) ; pâturages de La Tourne. 6 juin 1900. (Ed. Fischer.) — De mon côté, j'ai récolté ce parasite dans les pâturages du Creux-de-Van et de la Montagne de Boudry les 15 juin 1904 et 5 juillet 1908, ainsi que dans ceux de La Tourne le 15 juin 1908.

Sur : *Carex sempervirens*, Vill. — Uredos et téleutospores. Pâturages de la Montagne de Boudry. 23 août 1908 ; à l'endroit où le 5 juillet se trouvaient les æcidies.

Uromyces Rumicis (Schum.), Winter.

Sur : *Rumex Acetosa*, L. et *arifolius*, All., etc., d'après le catalogue de Morthier. N'ayant vu nulle part des échantillons neuchâtelois, cette espèce reste douteuse pour le canton ; il y a eu probablement confusion avec *Puccinia Acetosæ*. Cette espèce est indiquée dans le catalogue sous le nom de *Uromyces rumicum*, Fuckel.

Uromyces Betæ (Pers.), Tul.

Sur : *Beta vulgaris*, L. — Uréd. de la Suisse : catalogue, dans les jardins ; Corcelles. Octobre 1867. (Herb. Morthier.) Comme Morthier, je n'ai jamais rencontré que la forme uredosporée. De mon côté, j'ai constaté la présence de ce champignon de septembre à novembre dans les champs, à Saint-Blaise, Epagnier, La Coudre, Corcelles et la Prise-Imer sur Corcelles. Je n'ai pas rencontré ce parasite à d'autres localités, mais il doit certainement se trouver au Val-de-Ruz, au Val-de-Travers et ailleurs encore.

Uromyces verruculosus, Schröter.

Sur : *Melandrium album*, Gke. — Uredos. Bord du lac à Saint-Aubin. 5 juillet 1899. (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.)

Uromyces Ficariæ (Schum.), Winter.

Sur : *Ficaria verna*, Huds. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : catalogue et Savagnier, Val-de-Ruz. 5 et 15 mai 1861.

(Herb. Morthier.) — Haies, plateau de Wavre. 10 mai 1908. — Haies entre Boudry et l'orphelinat de Belmont. 27 avril 1909. — Haies et taillis à Saint-Blaise, Vœns et Frochaux. 2 mai 1909. — Champs près du lac à Colombier. 15 mai 1909.

### Uromyces Aconiti-Lycoctoni (DC.), Winter.

Sur : *Aconitum Lycoctonum*, L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Côte-aux-Fées. 20 juillet 1861. (Herb. Morthier.) — Bois près du chalet du Lessy, Montagne de Boudry. 1er août 1909.

### Uromyces Geranii (DC.), Winter.

Sur : *Geranium columbinum*, L. — Uréd. de la Suisse : Au-dessus de Dombresson. 29 juin 1861, uredos. (Herb. Morthier.) — Maujobia sur Neuchâtel. 18 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Geranium pusillum*, L. — Uredos et téleutospores. Décombres à Beauregard près Neuchâtel. 20 mai 1908. — Chemin des Pavés. 23 juillet 1908 et chemin des Parcs-du-Milieu à Neuchâtel. 13 juillet 1909.

Sur : *Geranium rotundifolium*, L. — Fossé des cibleries, Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 24 juillet 1908, uredos et 27 avril 1909, æcidies.

Sur : *Geranium silvaticum*, L. — Herb. Morthier, sans indication, ni de date, ni de localité, mais provenant très probablement du canton, uredos et téleutospores. — Bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 8 juillet 1902, æcidies et 9 octobre 1909, uredos et téleutospores. — Sentier du Plan sur Neuchâtel à Fenin, près des Trois-Bornes. 29 mai 1904, æcidies. — Bois près du stand de Corcelles. 5 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et les pâturages du Mont-Racine. 20 juin 1909, æcidies.

### Uromyces Kabatianus, Bubák.

Sur : *Geranium pyrenaicum*, L. — Très commun aux environs de Neuchâtel : Saars, Mail, Bois de l'Hôpital, Pertuis-du-Soc, Maujobia, Valangines, Vauseyon, le Suchiez, Beauregard et Saint-Nicolas. Se développe d'avril à novembre ; les æcidies apparaissent en avril et mai, les uredos et téleutospores de mai à novembre. Champs près de la Prise-Imer sur Corcelles. 21 juillet 1908, uredos. — Tête-Plumée sur Neuchâtel. 29 juillet 1909, uredos et téleutospores. — Trembley sur Peseux. 31 juillet 1909, uredos.

Sur : *Geranium dissectum,* L. — Chemin des Pavés à Neuchâtel, en août et septembre 1908, uredos et téleutospores; 5 mai 1909, æcidies.

Uromyces appendiculatus (Pers.), Link.

Sur : *Phaseolus vulgaris,* L. — Auvernier, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) Catalogue, sous le nom de *Uromyces phaseolorum,* De Bary. Très commun dans tous les jardins potagers du vignoble; je ne l'ai pas constaté ailleurs, mais il doit très certainement se rencontrer fréquemment au Val-de-Ruz, au Val-de-Travers et plus haut encore. Le 3 août 1909, j'ai trouvé dans un jardin au bord du lac, à Colombier, les æcidies; partout ailleurs, d'août à octobre, je n'ai vu que les uredos et téleutospores.

Uromyces Trifolii-repentis (Cast.), Liro.

Sur : *Trifolium repens,* L. — Catalogue : *Uromyces trifolii,* Fuckel, sur les Trèfles. Uréd. de la Suisse : Auvernier (Herb. Morthier), téleutospores. — Champs près du lac de Saint-Blaise et sur le plateau de Wavre. 3 juillet 1909, téleutospores.

Uromyces Trifolii (Hedw. f.) Lév.

Sur : *Trifolium pratense,* L. — Catalogue : sur les Trèfles. Uréd. de la Suisse : vallon de Côty sur Dombresson, juin 1863, uredos (Herb. Morthier). Je ne l'ai vu que dans les champs et les prés du vignoble, où il est très fréquent, mais seulement sous sa forme uredosporée, de juillet à octobre.

Uromyces minor, Schrœt.

Sur : *Trifolium montanum,* L. — Chemin de l'Abbaye de Fontaine-André à Hauterive. 30 mai, æcidies, et 21 juin 1908, téleutospores. — Décombres à l'extrémité de la rue Matile, à Neuchâtel. 10 juin 1908, æcidies et téleutospores. — Prés au-dessus de Chatillon sur Bevaix. 30 mai 1909, æcidies. — Bois au-dessus des Geneveys-sur-Coffrane. 20 juin 1909, æcidies. — Pâturages entre La Cornée et les Cernets sur les Verrières. 25 juillet 1909, æcidies et téleutospores. — Clairières des bois de Peseux. 31 juillet 1909, téleutospores.

Uromyces Pisi (Pers.), Wint.

Sur : *Euphorbia Cyparissias,* L. — Æcidies. Catalogue : *Æcidium euphorbiæ,* Pers. Très commun dans toute l'aire de

dispersion du phanérogame, en avril et mai. (Uréd. de la Suisse: Herb. Morthier.) *Uromyces striatus* et *U. Loti* ayant des æcidies absolument pareilles à celles de *U. Pisi,* il est fort probable que les échantillons rencontrés à un certain nombre de stations doivent être rattachés à l'une ou à l'autre de ces deux espèces. Les plantes attaquées présentent des déformations très considérables et souvent les inflorescences avortent ou sont passablement modifiées et altérées.

Sur : *Lathyrus pratensis,* L. — Catalogue, sous le nom de *Uromyces Lathyri,* Fuckel. Dans l'herbier Morthier, il ne se retrouve pas d'échantillons neuchâtelois. Talus des cibleries, Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 1er septembre 1909, uredos et téleutospores; à côté de *Euphorbia Cyparissias,* portant les æcidies de cette espèce, le 13 mai 1909.

Sur : *Lathyrus silvestris,* L. — Pentes herbeuses au-dessus des vignes entre la tuilerie de Cortaillod et de l'Abbaye de Bevaix. 15 août 1908, uredos et téleutospores.

Sur : *Pisum sativum*, L. — Uréd. de la Suisse : Catalogue. Très fréquent dans les jardins potagers; je ne l'ai vu que dans le vignoble, mais il doit se rencontrer très certainement aussi ailleurs. Se développe surtout en août et septembre, uredos et téleutospores.

### Uromyces Loti, Blytt.

Sur : *Lotus corniculatus,* L. — Uredos et téleutospores. Bord du lac à Colombier. 31 octobre 1908.

### Uromyces Anthyllidis (Grev.), Schröter.

Sur : *Anthyllis Vulneraria*, L. — Uréd. de la Suisse : Catalogue, sous le nom de *Uromyces trifolii,* Fuckel. Juin 1874 (Herb. Morthier), sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton. J'ai rencontré ce parasite très fréquemment depuis le bord du lac jusque dans les pâturages et les éboulis du Haut-Jura, de juin à octobre. Je n'ai jamais vu que la forme uredosporée.

### Uromyces Ononidis, Pass.

Sur : *Ononis procurrens,* Wallr. — Les Parcs à Neuchâtel, près du pont sur le Seyon. 24 octobre 1908, uredos et téleutospores. — Haie le long de la route de La Coudre à l'Abbaye de Fontaine-André. 7 novembre 1908, uredos et téleutospores.

### Uromyces Genistæ tinctoriæ (Pers.), Wint.

Sur : *Cytisus Laburnum,* L. — Catalogue, sous le nom de *Uromyces laburni,* Fuckel. Jardins à Corcelles. 26 octobre 1867. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier). — Haies entre Pierre-à-Bot-dessous et les bois de Maujobia sur Neuchâtel. 1er novembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Genista sagittalis,* L. — Uréd. de la Suisse : Catalogue, sous le nom de *Uromyces genistæ,* Fuckel, et Tête-Plumée sur Neuchâtel. 11 juin 1900, uredos (Herb. Mayor). Sans indication, ni de date, ni de localité dans l'herbier Morthier, mais provenant très probablement du canton, uredos. J'ai récolté ce parasite à une série d'endroits aux environs de Neuchâtel et toujours à des stations xérothermiques : Pertuis-du-Soc, Roche de l'Ermitage, Tête-Plumée, Bois de l'Hôpital et Valangines ; se développe de juin à novembre, uredos et téleutospores. Au-dessus de Valangin, le long du chemin de Peseux. 23 octobre 1909, uredos.

### Uromyces Onobrychidis (Desm.), Lév.

Sur : *Onobrychis sativa,* Lam. — Uréd. de la Suisse : Dombresson. Juillet 1863, uredos. (Herb. Morthier.) J'ai rencontré très abondamment ce parasite dans les champs et les prés de tout le vignoble, de juillet à novembre. Je n'ai vu que la forme uredosporée.

### Uromyces scutellatus (Schrank.), Winter.

Sur : *Euphorbia Cyparissias,* L. — Pâturages du Creux-du-Van. 16 août 1903, uredos et téleutospores. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 3 juin 1904 et 21 mai 1908, uredos et téleutospores. — Tête-Plumée sur Neuchâtel. 16 mai 1909, uredos et téleutospores. — Décombres à l'extrêmité de la rue Matile à Neuchâtel. 28 mai 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Euphorbia verrucosa,* Lam. — Uréd. de la Suisse : Haut-Jura. Juillet 1880 (Roumeguère, *Fungi gallici exsiccati,* nº 1811, leg. Morthier) ; entre la Cour et les Petits-Ponts. 6 juin 1900, pyknides et téleutospores (Ed. Fischer) ; Œuillons, Creux-du-Van. 3 juillet 1902, téleutospores (Herb. Mayor). — Pâturages du Mont-Racine. 20 juin 1909, uredos et téleutospores. — Pâturages entre la Cornée et les Cernets sur les Verrières. 25 juillet 1909, téleutospores. — Pâturages et bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, téleutospores.

UROMYCES TUBERCULATUS (Fuckel), Winter.

Cette espèce est indiquée dans le catalogue de Morthier « sur les Euphorbes ». L'herbier Morthier ne renferme aucun échantillon provenant du canton; de mon côté, je n'ai pas rencontré ce parasite chez nous. Il est très probable qu'en réalité on soit en présence de *U. scutellatus,* qui se retrouve dans l'herbier de Morthier : cette espèce reste plus que douteuse pour le canton de Neuchâtel.

UROMYCES ALCHIMILLÆ (Pers.), Winter.

Sur : *Alchimilla vulgaris,* L. — Très commun partout dans les pâturages du Jura, de mai à septembre, uredos et téleutospores. Se rencontre jusque dans le Val-de-Ruz. (Catalogue, sous le nom de *Trachyspora Alchimillæ*, Fuckel. Uréd. de la Suisse : herb. Morthier et herb. Mayor.)

UROMYCES ALCHIMILLÆ ALPINÆ, Ed. Fischer.

Sur : *Alchimilla Hoppeana,* Rchb. — Pâturages du Creux-du-Van. 1er août 1909. — Pâturages de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909. — Rochers, arête de Chasseral, versant nord. 9 octobre 1909. Je n'ai vu que la forme téleutosporée.

UROMYCES PHYTEUMATUM (DC.), Ung.

Sur : *Phyteuma orbiculare,* L. — Téleutospores. Pâturages aux Planchettes près de La Chaux-de-Fonds. 25 mai 1904. (Eug. Mayor, *Bulletin,* t. XVII, 1908.) — Pâturages de La Tourne. 14 juin 1908 et 6 juin 1909.

Sur : *Phyteuma spicatum*, L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : catalogue; Jura, Morthier (Fuckel, I, p. 63) ; Planches sur Dombresson. Juin 1863. (Herb. Morthier.) — Lisière de bois, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909.

UROMYCES VALERIANÆ (Schum.), Winter.

Sur : *Valeriana montana*, L. — Catalogue. Uréd. de la Suisse : Creux-du-Van. 1er octobre 1867, uredos et téleutospores (Herb. Morthier); 3 juillet 1902, æcidies (Herb. Mayor), et 23 août 1908, uredos et téleutospores. — Sentier de Rochefort à Tablette. 14 juin, æcidies, et 20 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et les pâturages du Mont-Racine. 20 juin 1909, æcidies. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909, æcidies,

uredos et téleutospores. — Bois, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Valeriana officinalis,* L. — Æcidies, uredos et téleutospores. Très commun partout où se développe le phanérogame, depuis le bord du lac à la montagne. Æcidies en mai, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Catalogue. Uréd. de la Suisse : herb. Morthier et B. Jacob.)

Sur : *Valeriana dioica,* L. — Marais au haut de la Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores.

### Uromyces Cacaliæ (DC.), Winter.

Sur : *Adenostyles albifrons,* Rchb. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : Creux-du-Van. 12 juillet 1877 (Herb. Morthier) ; Tête-de-Rang. 10 juillet 1878 (Herb. Morthier) ; Neuchâtel. Juillet 1880, leg. Morthier (*Thümen Mycotheca universalis,* n° 2043) ; Sentier de Noiraigue au Soliat, Creux-du-Van. 21 juillet 1900 (Herb. Mayor) ; bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 10 juillet 1901 (Herb. Mayor).

### Uromyces Junci (Desmaz.), Winter.

Sur : *Pulicaria dysenterica,* Gærtn. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Buissons derrière le bain des hommes à Auvernier. 9 juillet 1900. (Herb. Mayor.) — Bien que depuis 1900 j'aie revu à peu près chaque année ces æcidies, il ne m'a pas encore été possible de constater la présence des uredos et téleutospores sur *Juncus obtusiflorus,* qui pousse cependant assez abondamment dans les environs.

### Uromyces graminis (Niessl.), Dietel.

Sur : *Melica ciliata,* L. — Très commun dans toutes les stations xérothermiques des environs de Neuchâtel : Valangines, Plan, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche de l'Ermitage, Bois de l'Hôpital, Mail, Saars. On rencontre surtout les uredos ; les téleutospores n'apparaissent généralement que tard, à la fin de septembre, alors qu'en juin déjà on trouve les uredos. Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 5 juillet 1908, uredos. — Roches de Chatollion près de Saint-Blaise. 16 octobre 1909, uredos et téleutospores. Jusqu'à maintenant, je n'ai pas rencontré, dans le canton, les æcidies de cette espèce (sur : *Laserpitium Siler*) et à aucun endroit je n'ai trouvé les deux hôtes côte à côte ou seulement à proximité.

### Uromyces Polygoni (Pers.), Fckl.

Sur : *Polygonum aviculare,* L. — Très commun partout dans le vignoble ; æcidies en juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. Planches sur Dombresson dans l'herb. Morthier ; je n'ai pas constaté ce parasite dans d'autres régions et cependant il doit certainement s'y trouver. (Catalogue. Uréd. de la Suisse : herb. Morthier et herb. Mayor.)

### Uromyces inæqualtus, Lasch.

Sur : *Silene nutans,* L. — Uréd. de la Suisse : Près de Serrières (Catalogue, sous le nom de *Uromyces silenes,* Fuckel) ; bois, Cotendart sur Bôle. 2 juillet 1902, æcidies et uredos. (Herb. Mayor.) — Bois, sentier de Rochefort à la gare de Chambrelien. 16 août 1908, uredos et téleutospores.

### Uromyces Behenis (DC.), Winter.

Sur : *Silene inflata,* Sm. — Uréd. de la Suisse : en automne, au Val-de-Ruz (Catalogue, sous le nom de *Æcidium behenis,* DC.) ; Jura, Morthier, en été (Fuckel, *Fungi rhenani,* nº 1542) ; Dombresson. Octobre 1862, æcidies (Herb. Morthier) ; Beauregard près Neuchâtel. Septembre 1875, æcidies et téleutospores (Herb. Morthier).

### Uromyces Fabæ (Pers.), De Bary.

Sur : *Faba vulgaris,* Mönch. — Uréd. de la Suisse : catalogue. Jardins à Neuchâtel. 31 octobre 1909, uredos et téleutospores. Doit vraisemblablement se rencontrer un peu partout où le phanérogame est cultivé.

Sur : *Lathyrus niger,* Bernh. — Répandu dans tous les bois au-dessus de Neuchâtel : Valangines, Maujobia, Pierre-à-Bot, Tête-Plumée, Pertuis-du-Soc, Roche de l'Ermitage, Bois de l'Hôpital, de juin à octobre, uredos et téleutospores. (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.) — Bois au pied des Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 14 juin 1904 et 16 octobre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Lathyrus vernus,* Bernh. — Très commun partout dans les bois du vignoble à la montagne ; æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre et novembre. (Uréd. de la Suisse : catalogue, sous le nom de *Uromyces Orobi,* Fuckel ; herb. Morthier et herb. Mayor.)

Sur : *Vicia sativa*, L. — Catalogue, sous le nom de *Uromyces Viciæ*, Fuckel. Je n'ai pas retrouvé d'échantillons neuchâtelois dans l'herbier Morthier et, de mon côté, je n'ai pas eu l'occasion de rencontrer ce parasite.

Sur : *Vicia sepium*, L. — Catalogue, sous le nom de *Uromyces Viciæ*, Fuckel. Uréd. de la Suisse : Peseux. Août 1863. (Herb. Morthier.) — Sentier de Rochefort à la gare de Chambrelien. 3 septembre 1908, uredos et téleutospores.

### Uromyces Ervi (Wallr.), Plowr.

Sur : *Vicia hirsuta*, Koch. — Roche de l'Ermitage sur Neuchâtel. 26 juillet 1907, æcidies et téleutospores, ainsi que de rares uredos.

### Uromyces Dactylidis, Otth.

Sur : *Ranunculus acer*, L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : pâturages de Tête-de-Rang. 14 juin 1899. (Herb. Mayor.)

Sur : *Ranunculus bulbosus*, L. — Æcidies. Sentier du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 28 avril 1909 ; à côté de *Dactylis glomerata*.

Sur : *Ranunculus repens*, L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Noiraigue, Val-de-Travers. Mai 1880. (Herb. Morthier.) — Bois de Bussy près Valangin. 31 mai 1908, à proximité de *Dactylis glomerata*. — Champs, Epagnier près de Saint-Blaise. 5 juillet 1909, à côté de *Dactylis glomerata*.

Sur : *Dactylis glomerata*, L. — Clairière de bois derrière l'asile de Perreux sur Boudry. 30 mai 1909, téleutospores sur les feuilles de l'année précédente ; à côté de *Ranunculus repens*, recouvert d'æcidies. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel, chemin des cibleries. 1er septembre, uredos et téleutospores ; à côté de *Ranunculus repens* malade, le 27 avril 1909. — Champs près du stand de Corcelles. 1er juillet, uredos et téleutospores ; à côté de *Ranunculus bulbosus* malade, le 1er mai 1909. — Talus des cibleries, Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 5 août, uredos et téleutospores ; à côté de *Ranunculus bulbosus*, portant les æcidies, le 23 mai 1909. — Bois, chemin de la Chatelainie sur Neuchâtel. 9 septembre 1909, uredos et téleutospores ; à côté de *Ranunculus repens*. — Roche de l'Ermitage sur Neuchâtel. 15 septembre 1909, uredos et téleutospores ; à côté de *Ranunculus bulbosus*. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 16 septembre 1909, uredos et téleutospores ; à côté de *Ranunculus repens*. — Bois, pente sud de Chaumont, chemin de la Grande-Côte sur La

Coudre. 1er octobre 1909, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus repens.*

F. sp. Platanifolii-Dactylidis, W. Krieg.

Sur : *Ranunculus aconitifolius*, L. — Æcidies. Entre Saint-Martin et Savagnier, Val-de-Ruz. 13 juin 1861. (Herb. Morthier.) Uréd. de la Suisse : Les Loges sur les Hauts-Geneveys. 6 juin 1882. (Herb. Morthier.)

Sur : *Ranunculus platanifolius*, L. — Æcidies. Creux-du-Van. 17 juin 1869. (Herb. Morthier.) — Uréd. de la Suisse : Forêt de Tête-de-Rang. 14 juin 1899 (Herb. Mayor) et sentier de Noiraigue au Soliat, Creux-du-Van. 5 juillet 1903 (Ed. Fischer). — Bois de Boudry et Bevaix, au pied de la Montagne de Boudry. 30 mai 1909; à côté de *Dactylis glomerata.* — Bois entre Chaumont et La Dame. 4 juillet 1909; à côté de *Dactylis glomerata.*

Sur : *Dactylis glomerata*, L. — La Tourne. 20 septembre, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus platanifolius*, portant les æcidies, le 14 juin 1908. — Bois, sommet de la Montagne de Boudry, près du chalet du Lessy. 23 août 1908, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus platanifolius*, portant les æcidies, le 1er août 1909. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et le Mont-Racine. 20 juin, téleutospores sur les feuilles de l'année précédente, et 19 septembre, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus platanifolius*, portant les æcidies, le 20 juin 1909. — Bois entre Tête-de-Rang et la Roche-aux-Crocs. 19 septembre, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus platanifolius*, portant les æcidies, le 20 juin 1909. — Bois, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus platanifolius*, portant les æcidies, le 20 juin 1909. — Bois, Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 9 octobre 1909, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus platanifolius.* — Bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 9 octobre 1909, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus platanifolius.*

F. sp. Silvatici-Dactylidis, W. Krieg.

Sur : *Ranunculus nemorosus*, DC. — Æcidies. Bois entre la Cour et les Ponts. 14 juin 1908; à côté de *Dactylis glomerata.* — Bois de Boudry et de Bevaix (au pied de la montagne de Boudry). 30 mai 1909; à côté de *Dactylis glomerata.*

Sur : *Dactylis glomerata*, L. — Bois entre les Geneveys-

sur-Coffrane et le Mont-Racine. 20 juin 1901, téleutospores sur les feuilles de l'année précédente; à côté de *Ranunculus nemorosus*, portant les æcidies. — Bois entre Tête-de-Rang et la Roche-aux-Crocs. 19 septembre, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus nemorosus*, portant les æcidies, le 20 juin 1909. — Bois Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre, uredos et téleutospores; à côté de *Ranunculus nemorosus*, portant les æcidies, le 20 juin 1909.

Uromyces Poæ, Rabenhorst.

Sur : *Ficaria verna*, Huds. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Chézard, Val-de-Ruz. 4 mai 1861, et Savagnier, Val-de-Ruz. 15 mai 1861 (Herb. Morthier). — Plateau de Wavre. 10 mai 1908. — Champs au bord du lac à Colombier. 29 avril et 15 mai 1909. — Entre Boudry et l'orphelinat de Belmont. 27 avril 1909. — Haies près du stand de Corcelles. 1er avril 1909. — Bord de chemins et haies à Saint-Blaise et Vœns. 3 mai 1909. — Haies entre Valangin et Bussy. 9 mai 1909. Je n'ai pas encore rencontré dans le canton de Neuchâtel les uredos et téleutospores de cette espèce, sur les *Poa*.

Uromyces Scrophulariæ (DC.), Winter.

Sur : *Scrophularia nodosa*, L. — Uréd. de la Suisse : sentier des gorges de l'Areuse entre Champ-du-Moulin et le Saut-de-Brot. 16 juillet 1903 (Herb. Mayor). Je retrouve chaque année ce parasite à la même place, mais il ne m'a pas été possible de le voir à d'autres stations dans le canton.

## Genre **Puccinia**, Pers.

Puccinia Veratri, Niessl.

Sur : *Veratrum album*, L. — Catalogue. Uréd. de la Suisse : Jura, en automne, Morthier (Fuckel I, p. 58). Pâturages, Grande-Combe, Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, uredos et téleutospores. — Pâturages, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Puccinia Mougeotii, Lagerh.

Sur : *Thesium alpinum*, L. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos et

téleutospores. — Pâturages du Creux-du-Van. 1er août 1909, æcidies, uredos et téleutospores.

PUCCINIA FUSCA, Relhan.

Sur : *Anemone nemorosa*, L. — Téleutospores. Très commun dans toute l'aire de dispersion du phanérogame, d'avril à juin. (Catalogue, sous le nom de *Puccinia anemones*, Tul. et herb. Morthier, sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton.)

PUCCINIA CARI-BISTORTÆ, Klebahn.

Sur : *Polygonum Bistorta*, L. — Uréd. de la Suisse : gorge de Cheneau entre Villiers et Le Pâquier, Val-de-Ruz. Juillet 1865. (Herb. Morthier.) Catalogue, sous le nom de *Puccinia bistortæ*, DC. — Pâturages, Les Verrières. 25 juillet 1909, uredos et téleutospores. — Pâturages, Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, uredos et téleutospores. — Pâturages, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA POLYGONI-VIVIPARI, Karst.

Sur : *Polygonum Bistorta*, L. — Uredos et téleutospores. Uréd. de la Suisse : route de la Tourne aux Ponts. 17 juillet 1900. (Herb. Mayor.) — Marais des Ponts, près de Plamboz. 20 septembre 1908.

PUCCINIA ÆGOPODII (Schum.), Link.

Sur : *Ægopodium Podagraria*, L. — Téleutospores. Très commun dans les haies, les buissons et les forêts, de mai à août. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier et herb. Mayor.)

PUCCINIA ASTRANTIÆ, Kalchbr.

Sur : *Astrantia major*, L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : éboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 3 juillet 1902. (Herb. Mayor.) Je n'ai pas rencontré ce parasite à d'autres stations.

PUCCINIA PETROSELINI (DC.), Lindr.

Sur : *Æthusa Cynapium*, L. — Uréd. de la Suisse : Savagnier, Val-de-Ruz, uredos. (Herb. Morthier.) Champs, stand

de Corcelles et Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908, uredos et téleutospores.

PUCCINIA CONII (Strauss.), Fuck.

Sur : *Conium maculatum*, L. — Uréd. de la Suisse : entre Auvernier et Cormondrèche, uredos (Herb. Morthier); Peseux. Septembre 1883, uredos, B. Jacob (Herb. Morthier); Corcelles. Septembre 1883, B. Jacob, uredos. *(Flora helvetica.)*

PUCCINIA ANGELICÆ (Schum.), Fuck.

Sur : *Angelica silvestris*, L. — Taillis et bois entre Champ-du-Moulin et le Saut-de-Brot, le long du sentier des gorges de l'Areuse. 28 juin, uredos primaires, et 23 août 1908, uredos secondaires et téleutospores.

PUCCINIA BULLATA (Pers.), Winter.

Sur : *Silaus pratensis*, Bess. — Herb. Morthier, sans indication de localité, ni de date, mais provenant fort probablement du canton de Neuchâtel : uredos et téleutospores.

PUCCINIA ATHAMANTÆ (DC.), Lindr.

Sur : *Peucedanum Cervaria*, Cass. — Uréd. de la Suisse : Serroue sur Corcelles. Septembre 1880, uredos et téleutospores (Herb. Morthier) ; Chaumont. Septembre 1869, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) Commun à toutes les stations xérothermiques aux environs de Neuchâtel ; uredos primaires en juin, uredos secondaires et téleutospores de juin à octobre.

PUCCINIA SANICULÆ, Grev.

Sur : *Sanicula europæa*, L. — Uréd. de la Suisse : au-dessus de Bôle. Juin 1876 et 1877, æcidies, et octobre 1879, uredos et téleutospores (Herb. Morthier); Crostant près de Bôle. 24 septembre 1876 et septembre 1878, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.)

PUCCINIA BUPLEURI FALCATI (DC.), Winter.

Sur : *Bupleurum falcatum*, L. — Commun dans les forêts depuis la région du vignoble à la montagne (Chaumont et Combe-Varin dans la vallée des Ponts); æcidies en avril et

mai, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Catalogue, *Æcidium bupleuri,* Kze. Uréd. de la Suisse : herb. Morthier, Ed. Fischer et O. Semadeni.)

### Puccinia Falcariæ (Pers.), Fuckel.

Sur : *Falcaria Rivini*, Host. — Uréd. de la Suisse : canton de Neuchâtel (Trog.).

### Puccinia Pimpinellæ (Strauss.), Mart.

Sur : *Pimpinella Anisum*, L. — Décombres près des distilleries, Couvet, Val-de-Travers. Septembre 1877, uredos et téleutospores ; ex. herb. Lerch. (Notes.)

Sur : *Pimpinella magna*, L. — Herb. Morthier, sans indication, ni de date, ni de localité, mais provenant très probablement du canton. Bois au pied des rochers de Treymont sur Champ-du-Moulin. 28 juin 1908, æcidies. — Route des Brenets au Saut-du-Doubs. 20 mai 1909, æcidies. — Bois entre les pâturages de La Tourne et la vallée des Ponts. 6 juin 1909, æcidies. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 20 juin 1909, æcidies. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 1er août 1909, æcidies, uredos et téleutospores.

### Puccinia Chærophylli, Purt.

Sur : *Anthriscus silvestris,* Hoffm. — Uréd. de la Suisse : route du Mont-des-Verrières aux Verrières. 2 août 1899, uredos (Herb. Mayor) et près de Noiraigue. 5 juillet 1903, æcidies (O. Semadeni).

Sur : *Chærophyllum aureum*, L. — Commun partout où se développe le phanérogame ; de mai (æcidies) à septembre, uredos et téleutospores. (Catalogue, *Æcidium chærophylli*, Kirch. Uréd. de la Suisse : herb. Morthier.)

Sur : *Chærophyllum temulum*, L. — Bois de Serroue sur Corcelles. 5 septembre 1908, uredos et téleutospores.

### Puccinia athamantina, Sydow.

Sur : *Athamanta cretensis,* L. — Côte-aux-Fées, rochers près de la Grotte. 23 octobre 1902, téleutospores. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA BULBOCASTANI (Cum.), Fuckel.

Sur : *Carum Bulbocastanum,* Koch. — Catalogue, *Æcidium bunii,* DC. Uréd. de la Suisse : Clémesin sur Villiers, Val-de-Ruz. 3 mai, æcidies et 19 juillet 1861, téleutospores. (Herb. Morthier.)

On trouve, dans le catalogue, *Puccinia umbelliferarum*, Tul., qui englobe à elle seule les diverses rouilles des Ombellifères, espèce actuellement divisée, comme on vient de le voir, à la suite de récents travaux.

PUCCINIA ACETOSÆ (Schum.), Körn.

Sur : *Rumex Acetosa,* L. — Champs près de l'Abbaye de Bevaix. 15 août 1908 et 28 août 1909, uredos. — Pâturages de la Montagne de Boudry. 23 août 1908, uredos. — Champs au-dessus de Lignières et clairières de bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 9 octobre 1908, uredos.

Sur : *Rumex Acetosella,* L. — Champs près de la Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908, uredos. (Notes.)

Sur : *Rumex arifolius,* All. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores. — Bois entre Tête-de-Rang et la Roche-aux-Crocs. 19 septembre 1909, uredos.

PUCCINIA BEHENIS (DC.), Otth.

Sur : *Silene inflata*, Sm. — Uréd. de la Suisse : sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 12 juillet 1900, uredos et téleutospores. (Herb. Mayor.)

PUCCINIA VIOLÆ (Schum.), DC.

Catalogue : *Æcidium violæ,* Schum., sur les feuilles de *Viola* et *Puccinia violarum*, Tul., sur les violettes.

Sur : *Viola hirta*, L. — Uréd. de la Suisse : Savagnier, Val-de-Ruz. Mai 1861, æcidies. (Herb. Morthier.) — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 11 mai 1909, æcidies et 5 août 1903, uredos et téleutospores. — Les Cernets sur les Verrières. 22 juillet 1903, uredos et téleutospores. — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 5 juillet 1908, uredos. — Haies, Wavre. 23 mai 1909, æcidies.

Sur : *Viola odorata,* L. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel, chemin des cibleries. 27 avril, æcidies et 1er septembre 1909, uredos et téleutospores. — Carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 18 mai 1909, æcidies.

Sur : *Viola silvatica,* L. — Très commun partout, jusqu'aux sommités du Jura; æcidies d'avril à juin, uredos et téleutospores de mai à octobre. (Uréd. de la Suisse: herb. Morthier.)

PUCCINIA ALBESCENS, Grev.

Sur : *Adoxa Moschatellina,* L. — Les Brenets, chemin du Saut-du-Doubs. 20 mai 1909, æcidies. — Pâturages, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin, æcidies et 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA ADOXÆ, Hedw.

Sur : *Adoxa Moschatellina*, L. — Téleutospores. Catalogue : Savagnier, Val-de-Ruz. 5 mai 1861. (Herb. Morthier.) — Plateau de Wavre. 10 mai 1908.

PUCCINIA SAXIFRAGÆ, Schlechtend.

Sur : *Saxifraga rotundifolia,* L. — Rochers de l'arête de Chasseral (versant nord), haut de la Combe Biosse. 29 août et 9 octobre 1909, téleutospores.

PUCCINIA EPILOBII-TETRAGONI (DC.), Winter.

Catalogue : *Æcidium epilobii,* DC. et *Puccinia epilobii*, Fuckel, sur les Epilobes.

Sur : *Epilobium hirsutum,* L. — Uréd. de la Suisse : Le Pâquier, Val-de-Ruz. Juin 1861, æcidies. (Herb. Morthier.) — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 22 juin 1904, æcidies et 19 octobre 1909, uredos et téleutospores. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 15 août 1908, uredos et téleutospores. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 5 juin 1908, æcidies et 16 septembre 1909, uredos et téleutospores. — Haies près de Wavre. 3 juillet 1909, æcidies et uredos. — Le Landeron, 9 octobre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Epilobium montanum,* L. — Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier, æcidies (Fuckel I, p. 58), et Le Pâquier, Val-de-Ruz. Novembre 1863, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Mai 1861, æcidies (Herb. Morthier), sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton. — Pâturages du Creux-du-Van et de la Montagne de Boudry. 15 juin 1908, æcidies. — Bois de Peseux. 27 août 1908, uredos et téleutospores. — Bois près de Tête-Plumée sur Neuchâtel. 14 juin 1909, æcidies. — Bois entre les Hauts-Geneveys et

Tête-de-Rang et Combe des Cugnets. 20 juin, æcidies et 19 septembre 1909, uredos et téleutospores. — Bois entre Lignières et Chasseral. 9 octobre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA PRUNI SPINOSÆ, Persoon.

Sur : *Prunus insititia*, L. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 20 octobre 1908, uredos et téleutospores.

Sur : *Prunus spinosa*, L. — Commun dans les bois aux environs de Neuchâtel, ainsi que sur toute la pente de Chaumont. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier.) Chemin de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 18 août 1908, uredos. Alors que la forme uredosporée est très répandue, la forme téleutosporée au contraire est relativement rare ; je n'ai pas encore rencontré dans le canton les æcidies de cette espèce.

PUCCINIA PRIMULÆ, DC.

Sur : *Primula acaulis*, Jacq. — Récolté par Morthier dans les bois de Peseux, Corcelles, Bôle et Cotendart, de 1873 à 1889 ; æcidies, uredos et téleutospores, de mai à novembre. (Uréd. de la Suisse.) — Bois près de Rochefort. 14 juin 1908, æcidies. — Bois de Boudry et Bevaix (au pied de la Montagne de Boudry) et bois du Devens sur Gorgier. 30 mai 1909, æcidies.

Sur : *Primula elatior*, Jacq. — Sentier de Rochefort à Tablette. 6 juin 1900, æcidies. (Uréd. de la Suisse : Ed. Fischer.) — A la même station, j'ai retrouvé les æcidies en juin et les uredos et téleutospores de juillet à novembre en 1908 et 1909.

Sur : *Primula officinalis*, Scop.? — Uréd. de la Suisse : bois de Serroue sur Corcelles. Juillet 1877, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.)

PUCCINIA DUBYI, Mull., Arg.

Sur : *Androsace lactea*, L. — Téleutospores. Pied des rochers de l'arête de Chasseral, versant nord. 9 octobre 1909. — En 1901, j'ai récolté ce parasite au signal de Chasseral, mais sur territoire bernois.

PUCCINIA GENTIANÆ, Strauss.

Sur : *Gentiana Cruciata*, L. — Catalogue. Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier (Fuckel I, p. 57 et Fuckel, *Fungi rhenani*,

nº 1668, téleutospores) et au Pâquier, Val-de-Ruz. Septembre 1864, téleutospores. (Herb. Morthier.) — Pâturages au bas de la Combe-Biosse, près du Pâquier, Val-de-Ruz. 29 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Gentiana excisa,* Presl. — Pâturages, Les Verrières. Avril 1902, æcidies. — La Tourne. 14 juin 1908, æcidies, et 7 novembre 1909, téleutospores. — Combe-Varin, vallée des Ponts. 6 juin 1909, æcidies. — Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 29 juin 1909, æcidies. — Pouillerel sur La Chaux-de-Fonds. 25 juin 1909, æcidies.

Sur : *Gentiana Pneumonanthe*, L. — Catalogue. Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier (Fuckel, *Fungi rhenani,* nº 1668, et Fuckel I, p. 57). Septembre 1864 (Herb. Morthier), téleutospores; sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton.

### Puccinia Menthæ, Pers.

Catalogue : *Æcidium labiatarum,* DC., sur *Clinopodium vulgare, Origanum*, etc., et *Puccinia menthæ,* Tul., sur les *Mentha*, *Clinopodium,* etc.

Sur : *Calamintha Acinos,* Clairv. — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 25 juillet 1908, uredos.

Sur : *Calamintha officinalis*, Mönch. — Commun dans tous les bois de la pente sud de Chaumont, surtout dans le bas; æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.) — Bois au pied des Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 26 septembre 1908, uredos et téleutospores.

Sur : *Clinopodium vulgare*, L. — Uréd. de la Suisse : Jura en été, Morthier (Fuckel I, p. 56); Creuse entre Saint-Martin et Dombresson. 3 juillet 1861, uredos, et novembre 1862, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Bois de Maujobia sur Neuchâtel. 21 août 1900, uredos et téleutospores. — Pâturages, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Mentha aquatica,* L. — Uréd. de la Suisse : Auvernier. Octobre 1863, téleutospores. (Herb. Morthier.) — Bord du lac de Saint-Blaise. 28 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Mentha aquatica* × *silvestris.* — Bord du lac près de la tuilerie de Cortaillod. 15 août 1908, uredos et téleutospores.

Sur : *Mentha arvensis,* L. — Champs près du lac de Saint-Blaise. 28 septembre 1908, uredos et téleutospores.

Sur : *Mentha piperita,* Huds. — Jardin au Plan sur Neuchâtel. 28 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Mentha silvestris,* L. — Bord de l'Areuse au Champ-du-Moulin. 28 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bord du lac à Vaumarcus. 30 mai 1909, æcidies.

Sur : *Mentha viridis,* L. — Uréd. de la Suisse : jardins à Saint-Martin, Val-de-Ruz. Juillet 1838. (Herb. Morthier.)

Sur : *Origanum vulgare*, L. — Uréd. de la Suisse : Creuse entre Saint-Martin et Dombresson. 3 juillet 1861 et novembre 1862, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 25 juillet 1908, uredos.

### Puccinia conglomerata (Strauss.), Kze et Schm.

Sur : *Homogyne alpina,* Cass. — Téleutospores. Rochers au sommet de Tête-de-Rang, versant nord. 8 août 1903.

### Puccinia Absinthii, DC.

Sur : *Artemisia Absinthium,* L. — Jardins potagers près du lac de Saint-Blaise. 26 septembre 1908 et 14 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Artemisia vulgaris*, L. — Commun aux environs immédiats de Neuchâtel : Beauregard, Vauseyon, Valangines, Maujobia, Plan, Saars ; de juin à octobre, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Bois entre Bussy et Peseux. 10 novembre 1878, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Gare de Chambrelien. 3 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Stand de Peseux. 11 septembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Balsamitæ (Strauss.), Rabh.

Sur : *Tanacetum Balsamita*, L. — Uréd. de la Suisse : jardin à Corcelles. Septembre 1874 et 1875, leg. B. Jacob. (Herb. Morthier.)

### Puccinia Chrysanthemi, Roze.

Sur : *Chrysanthemum indicum*, L. — Jardin au Plan (chez M. Antoine, horticulteur). 19 octobre 1909 ; je n'ai vu que des uredos et pas de téleutospores. Ce parasite, qui nous provient fort probablement du Japon, fut observé pour la première fois en Europe en 1895, en Angleterre ; on le remarqua les années suivantes en France, en Allemagne, etc., ainsi

qu'en Suisse à partir de 1900. Jusqu'à maintenant, on n'avait pas encore relevé la présence de ce champignon dans le canton de Neuchâtel et cependant, d'après les renseignements qui m'ont été donnés par un jardinier, il serait apparu en 1904 et peut-être même en 1903. Il se développe chaque année un peu avant la floraison et cause des dégâts très appréciables: en effet, les plantes attaquées sont plus ou moins arrêtées dans leur développement et souvent les fleurs avortent ou restent petites et déformées, si bien que les pieds malades ne peuvent plus être utilisés comme ornement. Heureusement, toutes les variétés ne sont pas envahies, mais quelques-unes seulement et cela régulièrement chaque année, en dépit de tous les traitements employés pour arrêter l'infection. Certaines variétés ont même, à ce qu'il paraît, été complètement abandonnées par le fait que chaque automne les plantes étaient plus ou moins complètement endommagées par ce dangereux parasite.

### Puccinia Cirsii lanceolati, Schröter.

Sur: *Cirsium lanceolatum,* Scop. — Catalogue, sous le nom de *Puccinia Cirsii*, Fuckel. Uréd. de la Suisse: au-dessus de Dombresson. Juillet 1861, uredos; septembre 1865, uredos et téleutospores, sans indication de localité, mais provenant fort probablement du canton. (Herb. Morthier.) Assez commun aux environs de Neuchâtel: Maujobia, Plan, Pertuis-du-Soc, Pierre-à-Bot, Roche de l'Ermitage et dans les clairières de bois de la pente sud de Chaumont, de juin à octobre, uredos et téleutospores. — Bord du lac près de Cortaillod. 15 août 1908, uredos et téleutospores. — Bord de chemins entre le Saut-de-Brot et Champ-du-Moulin. 1er août 1909, uredos et téleutospores. — Pâturages: Grande-Combe, Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, uredos et téleutospores. — Crostant sur Bôle. 11 septembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Cirsii eriophori, E. Jacky.

Sur: *Cirsium eriophorum,* Scop. — Pâturages, Les Plainchis sur les Hauts-Geneveys. 18 août 1903, uredos et téleutospores. — Grande-Combe, Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, uredos et téleutospores. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores. — Tête-de-Rang et Combe des Cugnets. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA PRENANTHIS PURPUREÆ (DC.), Lindr.

Catalogue : *Æcidium prenanthis*, Pers. et *Puccinia prenanthes*, Fuckel.

Sur : *Prenanthes purpurea*, L. — Très commun dans tous les bois, du vignoble aux sommets du Jura ; æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre et novembre. (Uréd. de la Suisse : Morthier et herb. Morthier, B. Jacob et herb. Mayor.)

PUCCINIA MULGEDII, Sydow.

Sur : *Mulgedium alpinum*, Cass. — Uréd. de la Suisse : sentier de Noiraigue au Soliat, Creux-de-Van. 23 juillet 1900, æcidies et uredos. (Herb. Mayor.) — Bois, Montagne de Boudry près du chalet du Lessy. 1er août 1909, æcidies et uredos. — Bois, Combe-Mauley près de la Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, æcidies, uredos et téleutospores. — Bois entre Chuffort et Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores. — Bois, versant nord du Mont-Racine. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA CHONDRILLÆ, Corda.

Sur : *Lactuca muralis*, Gärtn. — Très commun partout où se développe le phanérogame ; du vignoble à la montagne ; æcidies en avril et mai, uredos et téleutospores de mai à octobre. (Catalogue : herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.

PUCCINIA LACTUCARUM, Sydow.

Sur : *Lactuca perennis*, L. — Commun à toutes les stations xérothermiques des environs de Neuchâtel : Plan, Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Roche de l'Ermitage, Tête-Plumée et Bois de l'Hôpital. Æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.) — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 1er août 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA LAMPSANÆ (Schultz), Fuckel.

Sur : *Lampsana communis*, L. — Très commun partout où se développe le phanérogame, du bord du lac à la montagne ; æcidies en avril et mai, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Catalogue : herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.)

### Puccinia Crepidis, Schröter.

Sur : *Crepis virens,* Vill. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908, uredos et téleutospores. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel, fossés des cibleries. 18 octobre 1909, uredos et téleutospores. Commun à Neuchâtel dans les pelouses des jardins et promenades, dans les terrains vagues et les décombres, d'août à octobre, uredos et téleutospores.

### Puccinia Crucheti, Hasler.

Sur : *Crepis succisifolia*, Tausch. — Pâturages, Montagne de Boudry. 5 juillet 1908, æcidies, uredos et téleutospores. — La Tourne et Combe-Varin dans la vallée des Ponts. 6 juin 1909, æcidies. — Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909, æcidies et uredos. — Creux-du-Van. 1er août 1909, uredos et téleutospores. — Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, uredos et téleutospores. — Haut de la Combe-Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores. — Marais de Pouillerel près de La Chaux-de-Fonds. 4 septembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia præcox, Bubák.

Sur : *Crepis biennis,* L. — Commun dans les près et surtout dans les bois, du vignoble à la montagne; æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à novembre. (Herb. Morthier; Uréd de la Suisse : herb. Mayor.)

### Puccinia major, Dietel.

Sur : *Crepis paludosa*, Mönch. — Bois, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909, æcidies. — Marais des Saignolis (Pouillerel) près de La Chaux-de-Fonds. 26 juin 1909, æcidies. — Bois, Creux-du-Van et Montagne de Boudry. 1er août 1909, æcidies et uredos. — Bois entre Chuffort et Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Tragopogi (Pers.), Corda.

Sur : *Tragopogon pratensis,* L. — Æcidies et téleutospores. Commun depuis la région du vignoble jusqu'aux pâturages du haut Jura; de mai à septembre. (Catalogue : *Æcidium cichoriacearum*, DC.; herb. Morthier; Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.)

### Puccinia Carlinæ, E. Jacky.

Sur : *Carlina acaulis,* L. — Décembre 1865. (Herb. Morthier), sans indication de station, mais provenant vraisemblablement du canton. Pâturages du Mont-Racine. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Carlina vulgaris,* L. — Bois de Serroue sur Corcelles. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier); la détermination phanérogamique est douteuse, bien que probablement exacte. — Bord de la Thielle près de Préfargier. 18 juillet 1900, uredos et téleutospores. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 16 septembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Cirsii, Lasch.

Sur : *Cirsium acaule*, L. — Pâturages, Les Charbonnières, versant nord du Mont-Racine. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Cirsium oleraceum,* Scop. — Entre Savagnier et Chézard, Val-de-Ruz. Septembre 1863, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Champs près du lac de Saint-Blaise. 5 juillet 1899, uredos et téleutospores (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor) et de juillet à octobre en 1908 et 1909. — Champs, Epagnier près de Saint-Blaise. 10 octobre 1908, uredos et téleutospores. — Prés, Champ-du-Moulin au Saut-de-Brot. 23 août 1908, uredos et téleutospores. — Bois au bas de la Combe-Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Cirsium palustre*, Scop. — Bois près de Crostant sur Bôle. 11 septembre 1909, uredos et téleutospores. — Bois de Serroue sur Corcelles. 23 octobre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia suaveolens (Pers.), Rostr.

Sur : *Cirsium arvense*, Scop. — Commun partout où se développe le phanérogame, aussi bien dans le vignoble qu'à la montagne; pyknides, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Catalogue, sous le nom de *Puccinia obtegens*, Tul.; herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.)

### Puccinia Jaceæ, Otth.

Sur : *Centaurea Jacea,* L. — Catalogue. Herb. Morthier, août 1863, uredos et téleutospores; sans indication de localité,

mais provenant très probablement du canton. — Champs, Abbaye de Bevaix. 28 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Centaurea Jacea*, L., var. *angustifolia*, Schrank. — Saint-Blaise, au-dessus du tunnel du chemin de fer. 26 septembre 1908, uredos et téleutospores.

### Puccinia Centaureæ, DC.

Sur : *Centaurea Scabiosa*, L. — Commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel, de mai à octobre, uredos et téleutospores. — Bois, sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin, 1er août 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia montana, Fuckel.

Sur : *Centaurea montana*, L. — Catalogue, sous le nom de *Puccinia Centaureæ*, DC. Creux-du-Van. 17 juin 1870, uredos et téleutospores et derrière Treymont sur Champ-du-Moulin. 18 juin 1871, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Uréd. de la Suisse : Tête-de-Rang. 14 juin 1899, uredos et téleutospores (Herb. Mayor) et entre la Cour et les Petits-Ponts. 6 juin 1900. (Ed. Fischer.) — Eboulis de la Roche-aux-Crocs et Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909, uredos et téleutospores. — Creux-du-Van. 1er août 1909, uredos et téleutospores. — Pâturages, Bec-à-l'Oiseau et Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, téleutospores.

### Puccinia Cyani (Schleich), Pass.

Sur : *Centaurea Cyanus*, L. — Jardins à Neuchâtel (Sablons et rue de la Côte), de juillet à octobre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Carduorum, E. Jacky.

Sur : *Carduus defloratus*, L. — Uredos et téleutospores. Commun à peu près partout où se développe le phanérogame, de juin à octobre. Se rencontre surtout à la montagne ; je l'ai récolté à Pleines-Roches derrière Pierre-à-Bot sur Neuchâtel comme station la plus basse. (Herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.)

Sur : *Carduus Personata*, Jacq. — Commun presque partout où se développe le phanérogame, dans les bois du Jura ; pynides en juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.)

### Puccinia Taraxaci, Plowr.

Sur : *Taraxacum officinale*, Web. — Commun dans les champs et les prés de toute la région du vignoble, uredos et téleutospores de juin à octobre ; je ne l'ai pas constaté ailleurs. (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.) Savagnier, Val-de-Ruz. Juin 1861, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.)

### Puccinia Cichorii (DC.), Bell.

Sur : *Cichorium Intybus*, L. — Bord de chemins, Epagnier près de Saint-Blaise. 10 octobre 1908, uredos et téleutospores. — Décombres, Beauregard près Neuchâtel. 5 novembre 1908, uredos et téleutospores. — Bord de chemins au Landeron. 9 octobre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Hieracii (Schum.), Mart.

Sur : *Hieracium boreale*, Fr. — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 14 août 1908, uredos. — Sentier de Chambrelien à Rochefort. 3 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 9 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bois au-dessus de la carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 5 août 1909, uredos. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 7 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Hieracium murorum*, L. — Très commun partout où se développe le phanérogame ; pyknides en mai, uredos et téleutospores de mai à octobre. (Herb. Morthier, catalogue et Uréd. de la Suisse : Société helvétique.)

Sur : *Hieracium pilosella*, L. — Prés entre la Roche-de-l'Ermitage et le Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 19 mai 1909, uredos.

### Puccinia Leontodontis, E. Jacky.

Sur : *Leontodon hastilis*, Koch. — Chemin des Pavés à Neuchâtel. 4 novembre 1908, uredos et téleutospores. — Prés entre le Pertuis-du-Soc et la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 3 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Leontodon hispidus*, L. — Champs, Abbaye de Bevaix. 28 août 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Picridis, Hazsl.

Sur : *Picris hieracioïdes*, L. — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 14 août 1908, uredos et téleutospores. —

Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 17 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Route du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 21 juillet 1908, uredos. — Noiraigue, Val-de-Travers. 7 novembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia crepidicola, Sydow.

Sur : *Crepis taraxacifolia*, Thuillier. — Commun dans les prés et les champs du vignoble; je ne l'ai pas constaté ailleurs: uredos et téleutospores de mai à octobre.

### Puccinia Crepidis blattarioidis, Hasler.

Sur : *Crepis blattarioides*, Vill. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van et Montagne de Boudry près du chalet du Lessy. 23 août 1908, uredos et téleutospores. — Eboulis Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909, uredos et téleutospores. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Iridis, Wallr.

Sur : *Iris pumila*, L. — Uréd. de la Suisse : jardin à Corcelles. Septembre 1872 et octobre 1874, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.)

Sur : *Iris* sp. cult. — Jardin à Neuchâtel (rue de la Côte). 19 octobre 1908, uredos et téleutospores.

### Puccinia obscura, Schröter.

Sur : *Luzula pilosa,* Willd. — Commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel et, d'une manière générale, sur toute la pente sud de Chaumont; uredos et téleutospores de mai à octobre. Les téleutospores sont relativement rares et apparaissent très tard, alors que les uredos abondent de mai jusqu'à l'arrière-automne. Corcelles. 27 septembre 1867, uredos. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier.) — Bois derrière l'asile de Perreux sur Boudry. 30 mai 1909, uredos. — Bois, le Villaret, Crostant et la Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908 et 11 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Luzula maxima,* DC. — Bois au pied des rochers de Treymont sur Champ-du-Moulin. 23 juin 1908, uredos et téleutospores sur les feuilles de l'année précédente.

### Puccinia oblongata (Link.), Winter.

Sur : *Luzula maxima*, DC. — Uréd. de la Suisse : herb. Morthier. Septembre 1873 ; sans indication de localité, mais provenant fort probablement du canton.

Dans le catalogue on trouve : *Puccinia luzulæ*, Tul., sur les Luzules, espèce ultérieurement divisée en deux comme on peut le voir ci-dessus.

### Puccinia Magnusiana, Körn.

Sur : *Ranunculus bulbosus*, L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Peseux et Beauregard près Neuchâtel. (Herb. Morthier.) A ces localités, *Phragmites communis* n'existe pas, en particulier à la dernière, aussi je croirais plus exact de rapporter ces æcidies à *Uromyces Dactylidis,* qui se trouve à ces deux stations et en grande abondance sur *Dactylis glomerata.* L'examen des æcidies ne permettant pas de trancher la question, c'est l'examen des lieux qui me conduit à cette conclusion.

Sur : *Ranunculus repens,* L. — Æcidies. Bord du lac à Colombier. 29 avril 1909. Dans ce cas encore, il se pourrait qu'on soit en présence de *Uromyces Dactylidis* ou *Poæ,* mais ces æcidies se trouvant à côté et à proximité de *Phragmites* malade pendant tout l'été et l'automne, il me semble plus logique de les rapprocher de *P. Magnusiana.*

Sur : *Phragmites communis*, Trin. — Uredos et téleutospores. Uréd. de la Suisse : Dombresson ; entre Saint-Martin et Engollon, Val-de-Ruz et bord du lac à Colombier. 14 mars 1875. (Herb. Morthier.)

### Puccinia graminis, Pers.

Catalogue : *Æcidium elongatum,* Lnk., sur *Berberis* et *Puccinia graminis,* Tul., sur les Graminées.

Sur : *Berberis vulgaris,* L. — Æcidies. Très commun partout où se développe le phanérogame ; depuis le bord du lac jusque dans les bois du haut Jura, en mai et juin. (Uréd. de la Suisse : Société helvétique.)

Sur : *Agrostis alba*, L. — Uredos et téleutospores. Bord de la Thielle près de Préfargier. Octobre 1908 et 14 août 1909. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 30 août 1909.

Sur : *Agrostis vulgaris*, With. — Uredos et téleutospores. Très commun dans les bois et le long des sentiers des forêts de la pente sud de Chaumont, surtout répandu au-dessus de

Neuchâtel; d'août à octobre. — Bois entre le Landeron et Lignières. 9 octobre 1909.

Sur : *Avena sativa*, L. — Uredos et téleutospores. Commun dans les champs du vignoble et du Val-de-Ruz en particulier, d'août à novembre.

Sur : *Dactylis glomerata*, L. — Uredos et téleutospores. Très commun partout du bord du lac aux sommets du Jura, de juin à octobre. *Dactylis* est de beaucoup le support le plus souvent et le plus abondamment attaqué, si bien qu'en automne c'est presque une rareté que de constater une plante indemne. (Herb. Morthier, Uréd. de la Suisse : B. Jacob.)

Sur : *Elymus europæus*, L. — Uredos et téleutospores. Sentier du Plan sur Neuchâtel à Fenin, près des Trois-Bornes. 14 septembre 1908, et septembre 1909.

Sur : *Festuca duriuscula*, L. — Téleutospores. Septembre 1863. (Herb. Morthier); sans indication de localité, mais provenant vraisemblablement du canton.

Sur : *Festuca rubra*, L. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 27 juillet 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Kœleria cristata*, Pers. — Stations xérothermiques entre le Pertuis-du-Soc et Tête-Plumée sur Neuchâtel. 24 août 1908 (Notes) et 29 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Kœleria valesiaca*, Gaud. — Uredos et téleutospores. Stations xérothermiques entre le Pertuis-du-Soc et Tête-Plumée sur Neuchâtel. 15 juillet 1908.

Sur : *Milium effusum*, L. — Uredos et téleutospores. Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 27 août 1909. — Sentier de Rochefort à Tablette. 19 août 1909. — Bois près de la Prise-Imer sur Corcelles. 11 septembre 1909. — Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 17 septembre 1909.

Sur : *Poa compressa*, L. — Uredos et téleutospores. Eboulis derrière la source de la Noiraigue. 20 septembre 1908. — Eboulis de Tête-Plumée sur Neuchâtel. 1er octobre 1908. — Bois de l'Hôpital, chemin des cibleries, sur Neuchâtel. 20 octobre 1908. — Endroits secs et rocailleux au-dessus du Pertuis-du-Soc et à la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 24 août 1909. — Entre le Landeron et Lignières. 9 octobre 1909.

Sur : *Poa nemoralis*, L. — Uredos et téleutospores. Très commun dans tous les bois, jusque dans le haut Jura, d'août à novembre.

Sur : *Secale cereale*, L. — Uredos et téleutospores. Champ, Trembley sur Peseux. 31 juillet 1909.

Sur : *Triticum caninum*, Schreb. — Uredos et téleutospores. Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 20 octobre 1908 et 30 juillet 1909. — Bois de Maujobia sur Neuchâtel. 20 août 1909.

Sur : *Triticum repens*, L. — Uredos et téleutospores. Assez commun dans les haies et les champs du vignoble ; je ne l'ai pas constaté ailleurs pour le moment.

Sur : *Triticum vulgare*, Vill. — Uredos et téleutospores. Commun dans les champs, surtout dans le vignoble et le Val-de-Ruz ; doit aussi se rencontrer abondamment dans les autres parties du canton.

Les formes uredo et téleutosporée de *Puccinia graminis* ne se rencontrent que relativement rarement sur les feuilles, exception faite pour *Dactylis glomerata ;* ce sont en effet essentiellement les tiges et les graines qui sont attaquées, les amas pouvant atteindre parfois plusieurs centimètres de longueur.

### Puccinia longissima, Schröter.

Sur : *Sedum reflexum*, L., æcidies ; sur : *Kœleria cristata*, Pers., et *valesiaca*, Gaud., uredos et téleutospores. Les deux *Kœleria* sont très fréquemment malades dans toutes nos stations xérothermiques des environs de Neuchâtel : Crêt-du-Plan, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage et Bois de l'Hôpital (je n'ai pas constaté la maladie ailleurs), en juillet, en août surtout et jusqu'en octobre. A tous ces endroits, *Sedum reflexum* est également très abondant et à un certain nombre de stations je l'ai constaté porteur d'æcidies en mai et plus tard, à la même place, j'ai constaté des uredos et téleutospores sur l'une ou l'autre des *Kœleria* ou sur les deux lorsque les conditions de voisinage sont réalisées. Les rapports existant entre ces æcidies sur *Sedum* et ces téleutospores sur *Kœleria*, n'ont pas encore été démontrés expérimentalement, mais les observations faites en nature sont si nettes et si concluantes, qu'il n'est pas possible d'avoir des doutes sur la réalité qu'il s'agit bien là d'une seule espèce hétéroique. Pour plus de sûreté, des essais d'infection sont cependant nécessaires. (Notes.)

### Puccinia Phragmitis (Schum.), Körn.

Catalogue : *Æcidium rumicis*, Gmel., sur les feuilles de *Rumex*.

Sur : *Rumex crispus*, L. — Æcidies. Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel, fossé des cibleries. 18 mai 1909. — Bord du lac à Vaumarcus. 30 mai 1909. — Chemin de Boudry à l'asile de Perreux. 1er juin 1909. — Champs à Saint-Blaise. 3 juin 1909. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 24 juin 1909.

Sur : *Rumex obtusifolius*, L. — Æcidies. Très commun au bord du lac à Auvernier, Colombier, Cortaillod, Bevaix, Vaumarcus et le long de la Thielle, de mai à juillet et toujours en compagnie de *Phragmites communis* porteur des uredos et téleutospores. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier et herb. Mayor.)

Sur : *Rheum officinale*, H. Bail. — Æcidies. Jardins à la Maladière, Neuchâtel. 12 juin 1909.

### Puccinia Brunellarum-Moliniæ, P. Cruchet.

Sur : *Brunella vulgaris*, L. — Æcidies. Pentes herbeuses au-dessus des vignes entre la tuilerie de Cortaillod et l'Abbaye de Bevaix. 11 juin 1904 (Uréd. de la Suisse : leg. Eug. Mayor) et 15 juillet 1908.

Sur : *Molinia cœrulea* (L.), Mönch. — Uredos et téleutospores. Le 15 août 1908, à la localité ci-dessus indiquée et à la même place où en juillet j'ai récolté les æcidies sur *Brunella*. — Bord du lac, près du bain des hommes, à Auvernier. 10 août 1909 ; à côté se trouve *Brunella vulgaris*. — Bord du lac de Saint-Blaise. 16 octobre 1909, à côté de *Brunella vulgaris*.

### Puccinia Seslariæ-cœruleæ, Ed. Fischer.

Sur : *Sesleria cœrulea* (L.), Ard. — Uredos et téleutospores. Uréd. de la Suisse : gorges du Seyon. Juin 1881, téleutospores (Herb. Morthier) ; à la même localité le 16 septembre 1908. — Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 28 septembre 1908 et 16 octobre 1909. — Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 15 septembre 1909. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 27 septembre 1909.

### Puccinia Anthoxanthi, Fuck.

Sur : *Anthoxanthum odoratum*, L. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 27 juillet 1909, uredos. — Bois, Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 11 août 1909, uredos. — Bois, chemin de la Châtelainie, au-dessus de la carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 12 août 1909, uredos et téleutospores. — Pâturages de la Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, uredos. — Bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos.

PUCCINIA CESATII, Schröter.

Sur : *Andropogon Ischæmum*, L. — Catalogue, sous le nom de *Puccinia Andropogonis*, Fuckel. Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier, uredos (Fuckel I, p. 59). — Prés entre le Pertuis-du-Soc et la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 5 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Prés, Saint-Blaise, au-dessus du tunnel du chemin de fer. 4 septembre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA PALIFORMIS, Fuckel.

Sur : *Kœleria cristata*, Pers. — Uréd. de la Suisse : printemps, Jura, Morthier (Fuckel I, p. 59) et avril 1866 (Herb. Morthier), sans indication de localité.

PUCCINIA CARICIS (Schum.), Rebent.

Catalogue : *Æcidium Urticæ*, Schum., et *Puccinia caricis*, Tul., sur les *Carex*.

Sur : *Urtica dioica*, L. — Æcidies. Chézard, Val-de-Ruz. Mai 1861. (Herb. Morthier.) — Chemin de Chambrelien à Rochefort. 14 juin 1908 et 6 juin 1909.

Sur : *Carex hirta*, L. — Uredos et téleutospores. Bord du lac à Colombier. 6 août 1903. (Uréd. de la Suisse : leg. Eug. Mayor.) — Bord du lac à Auvernier, près du bain des hommes. 6 et 10 août 1909 ; à la même place, le 29 avril 1909, j'ai récolté en quantité des æcidies sur *Urtica dioica*. — Chemin des Parcs-du-Milieu à Neuchâtel. 22 juin 1909, en même temps que des æcidies sur *U. dioica*. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 23 août 1909, à côté de *U. dioica*. — Corcelles et Trembley sur Peseux. 11 septembre 1909, à côté de *U. dioica*. — Chemin des Pavés à Neuchâtel. 14 septembre 1909, à côté de *U. dioica* malade, le 4 juin 1909.

Sur : *Carex paludosa*, Good. — Bord du lac à Auvernier, près du bain des hommes. 10 août 1909. En compagnie de *Carex hirta* malade et à côté de *Urtica dioica* portant des æcidies, le 29 avril 1909.

PUCCINIA ULIGINOSA, Juel.

Sur : *Parnassia palustris*, L. — Marais des Ponts. 5 juin 1900, æcidies. (Uréd. de la Suisse : Ed. Fischer.)

Au groupe de PUCCINIA RIBESII-CARICIS, Kleb., appartiennent les æcidies suivantes, se développant sur les *Ribes*.

Sur : *Ribes alpinum*, L. — Très commun dans tous les bois,

jusqu'aux sommets du Jura, de mai à juillet et août dans le haut Jura. (Catalogue, sous le nom de *Æcidium grossulariæ*, DC. Uréd. de la Suisse : herb. Morthier et herb. Mayor.)

Sur : *Ribes Grossularia*, L. — Uréd. de la Suisse : Hauts-Geneveys. Juin 1874 (Herb. Morthier); même station, 10 juin 1874. (Société helvétique.) — Combe Varin, vallée des Ponts et Rochefort. 6 juin 1909. — Lisière de bois au-dessus des Geneveys-sur-Coffrane, Val-de-Ruz. 20 juin 1909.

Sur : *Ribes rubrum*, L. — Jardin de l'asile de Perreux sur Boudry. 30 mai 1909.

### Puccinia paludosa, Plowr.

Sur : *Pedicularis palustris*, L. — Æcidies. Marais des Ponts, le long du ruisseau à la lisière du bois des Lattes. 6 juin 1909.

Sur : *Carex Goodenowii*, Gay. — Uredos et téleutospores. 19 août et 7 novembre 1909, à la même localité que ci-dessus et à la place où, en juin, *Pedicularis* était malade.

### Puccinia Linosyridi-Caricis, Ed. Fischer.

Sur : *Linosyris vulgaris*, Cass. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : au-dessus de Neuchâtel (Pertuis-du-Soc). 30 mai 1903 (E. Jordi et Ed. Fischer). Le 23 juin de la même année j'ai retrouvé, sur les indications de M. le professeur Dr Ed. Fischer, ce parasite à la même station et dans la suite je l'ai récolté dans toutes les stations xérothermiques des environs de Neuchâtel : Valangines, Plan, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital et Mail, de mai à juillet. — Roches de Chatollion près de Saint-Blaise. 7 juin 1908.

Sur : *Carex humilis*, Leyss. — Uredos et téleutospores. A côté de *Linosyris* malade, au Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. Juillet 1903 (Uréd. de la Suisse : Eug. Mayor). Je l'ai retrouvé chaque année abondamment au Pertuis-du-Soc et à peu près partout où j'ai rencontré les æcidies, de juillet à octobre.

### Puccinia Æcidii-Leucanthemi, Ed. Fischer.

Sur : *Chrysanthemum Leucanthemum*, L. — Æcidies. Bôle sur Colombier. Juin 1876. (Herb. Morthier.) — Sentier de Rochefort à Tablette. 6 juin 1909. — Pâturages, les Charbonnières, versant nord du Mont Racine. 20 juin 1909.

Sur : *Carex montana*, L. — 20 juin 1909, à la même station que ci-dessus et à côté de *Chrysanthemum Leucanthemum* malade, téleutospores sur les feuilles de l'année précédente.

### Puccinia Caricis-montanæ, Ed. Fischer.

Sur : *Centaurea Jacea*, L. — Bord du lac des Brenets, aux Brenets. 25 mai 1904, æcidies.

Sur : *Centaurea montana*, L. — Æcidies. Pâturages du Jura. Catalogue, sous le nom de *Æcidium centaureæ*, DC. Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier (Fuckel I, p. 54 et III, p. 14); entre la Cour et les Petits-Ponts. 6 juin 1909. (Ed. Fischer) et Creux-du-Van, au-dessus des rochers. 23 juillet 1900. (Herb. Mayor.) — La Tourne. 14 juin 1908. — Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 20 juin 1909. — Planches sur Dombresson. Juin 1861. (Herb. Morthier.)

Sur : *Centaurea Scabiosa*, L. — Æcidies. Rochers à l'extrémité de la rue Matile à Neuchâtel. 28 mai 1909.

Sur : *Carex montana*, L. — Uréd. de la Suisse : entre la Cour et les Petits-Ponts. 9 mai 1901 ; sur les feuilles de l'année précédente, à côté des æcidies sur *Centaurea montana*. (Ed. Fischer.) — Combes des Cugnets. 20 juin 1909, téleutospores, sur les feuilles de l'année précédente et à côté des æcidies sur *Centaurea montana ;* à la même localité le 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia dioicæ, Magnus.

Sur : *Cirsium rivulare*, Link. — Æcidies. Marais des Ponts, à l'extrémité du bois des Lattes près de Combe-Varin. 14 juin 1908 ; à la même localité, le 20 septembre 1908, à côté de *Cirsium* malade en juin, j'ai trouvé *Carex Goodenowii*, Gay, portant des uredos et téleutospores (notes) ; en 1909, j'ai pu faire les mêmes observations. — Prés humides, chez Lambelet sur les Verrières. 25 juillet 1909, æcidies.

Sur : *Cirsium oleraceum*, Scop. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Æcidium cirsii*, DC. Uréd de la Suisse : Jura, Morthier (Fuckel I, p. 55). — Mai 1862. (Herb. Morthier), sans indication de localité mais provenant très probablement du canton.

### Puccinia Opizii, Bubàk.

Sur : *Lactuca muralis*, Gærtn. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Æcidium lactucæ Opiz*. Uréd. de la Suisse : Le Pâquier, Val-de-Ruz. Juin 1861. (Herb. Morthier) ; Planches sur Dombresson. Mai 1861. (Herb. Morthier) et Gorges de l'Areuse. 12 juillet 1900. (Herb. Mayor.) — Bois au pied de la montagne de Boudry, derrière l'asile de Perreux. 30 mai 1909.

Sur : *Carex muricata*, L. — Uredos et téleutospores. Chemin au-dessus de la carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 5 août 1909 ; à la même place, le 18 mai 1909, j'ai récolté en grande quantité les æcidies sur *Lactuca muralis*. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 7 août 1909 ; à la même place, le 28 mai 1909, j'ai récolté les æcidies sur *L. muralis*. — Bois entre la Poudrière (Plan) et Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 11 août 1909 ; à la même place, le 1er juin 1909, j'ai récolté les æcidies sur *L. muralis*. — Bois de Maujobia sur Neuchâtel. 20 août 1909 ; à la même place, le 13 juin 1909, j'ai récolté les æcidies sur *L. muralis*. — Bois de Peseux. 23 octobre 1909, à côté de *L. muralis*.

### Puccinia silvatica, Schröter.

Sur : *Crepis biennis*, L. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Æcidium compositarum*, Mart. Planches sur Dombresson. Mai 1862. (Herb. Morthier.) — Sans indication de localité mais provenant fort probablement de la même que ci-dessus. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier.) — Clairière de bois le long du sentier de Rochefort à Tablette. 14 juin 1908 (notes) et 6 juin 1909 ; à la même station et à côté de *Crepis biennis*, j'ai récolté en grande quantité des uredos et téleutospores sur *Carex muricata*, les 14 juin et 20 septembre 1908 et le 7 novembre 1909. Le mélange intime des deux supports et des deux parasites me fait les rapprocher, à moins que des expériences ultérieures ne prouvent l'inexactitude de ces conclusions tirées d'observations en nature.

Sur : *Crepis blattarioides*, Vill. — Je place ici des æcidies récoltées le 5 juillet 1908 dans les éboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. En effet, il ne peut s'agir de *Puccinia Crepidis blattarioidis ;* par contre, il est fort probable qu'on soit en présence d'une rouille hétéroïque dont les uredos et téleutospores se développent sur un *Carex*. Un examen de ces *Æcidium* m'a montré que les cellules de la péridie présentent les mêmes caractères que ceux de *P. silvatica* et en particulier que la paroi externe est le double ou même davantage de l'épaisseur de la paroi interne, caractère très constant dans les æcidies du type de *P. silvatica* et qu'on retrouve en examinant celles de *Crepis biennis* et *Taraxacum officinale*. Je rattache donc, pour le moment du moins, ces *Æcidium* de *Crepis blattarioides* à *P. silvatica,* jusqu'à ce que des recherches ultérieures aient élucidé entièrement la question.

Sur : *Taraxacum officinale*, Web. — Convers, Roc Mil-Deux. 14 juin 1899, æcidies. (Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.)

On a rencontré dans le canton de Neuchâtel divers *Carex* malades, mais dont il n'est pas possible de déterminer l'espèce avec précision vu le manque de renseignements sur les plantes du voisinage ou de toute autre observation indispensable pour fixer exactement en présence de quelle espèce cryptogamique on se trouve.

Ainsi dans l'herbier Morthier, les *Carex* suivants sont dans ces cas douteux :

*Carex humilis,* Leyss. — Beauregard près Neuchâtel. Avril 1866. (Uréd. de la Suisse.) Il s'agit très probablement de *Puccinia Linosyridi-Caricis,* car *Linosyris vulgaris* se trouve à cette localité et malade en juin.

*Carex muricata,* L. — La Tourne. Octobre 1870. (Uréd. de la Suisse.) Il est possible qu'on soit en présence de *Puccinia silvatica,* surtout puisque moi-même j'ai rencontré ce même *Carex* malade entre Rochefort et Tablette (voir ci-dessus); peut-être s'agit-il encore plus vraisemblablement de *Puccinia Opizii.*

*Carex paludosa,* Good. — Colombier. Octobre 1862 et janvier 1867. Il est très probable qu'il s'agit de *Puccinia Caricis*, car j'ai récolté ce même *Carex* malade entre Auvernier et Colombier.

*Carex paniculata*, L. — Auvernier. Janvier 1867. (Uréd. de la Suisse.) Ici encore il est fort probable qu'on soit en présence de *Puccinia Caricis*, car tout le long du bord du lac, entre Auvernier et Colombier, *Urtica dioica* est très abondant et partout malade en juin.

Enfin, de mon côté, j'ai eu l'occasion de rencontrer fréquemment dans les bois au-dessus de Neuchâtel les *Carex* suivants attaqués par une rouille et qui sont actuellement l'objet d'une étude afin de préciser l'espèce exacte à laquelle ils doivent se rattacher. Ce sont : *Carex alba, digitata et glauca.*

### Puccinia verruca, Thüm.

Sur : *Centaurea Scabiosa,* L. — Téleutospores. Eboulis de Tête-Plumée sur Neuchâtel. 29 mai 1908. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel, chemin des cibleries. 14 septembre 1908.

### Puccinia Millefolii, Fuckel.

Sur : *Achillea Millefolium,* L. — Téleutospores. Prés entre le Pertuis-du-Soc et la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 10 août 1909.

### Puccinia Thesii (Desv.), Chaill.

Sur : *Thesium pratense*, Ehrh. — Catalogue : *Æcidium Thesii*, Desv. et *Puccinia Thesii*, Duby. Uréd. de la Suisse : Chambrelien. Mai 1872, æcidies. (Herb. Morthier.) — Pâturages près de Combe-Varin, vallée des Ponts. 14 juin 1908, æcidies. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 23 août 1908, æcidies, uredos et téleutospores.

### Puccinia Polygoni amphibii, Pers.

Catalogue : *P. polygonorum*, Tul., sur les Polygonées.

Sur : *Polygonum amphibium*, L. — Cornaux. 17 août 1874. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier.) — Fossé près Saint-Blaise. 10 octobre 1908, uredos et téleutospores. — Fossé au bord du lac à Colombier. 7 octobre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Polygonum lapathifolium*, L. — 23 avril 1867, téleutospores, sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton. (Uréd. de la Suisse: Herb. Morthier.)

### Puccinia Polygoni, Alb. et Schw.

Sur : *Polygonum Convolvulus*, L. — Uredos et téleutospores. Commun dans les champs de tout le vignoble, d'août à octobre. — Champs à Lignières. 9 octobre 1909. — On retouve cette espèce dans l'herbier Morthier, mais sans indication ni de date ni de localité.

Sur : *Polygonum dumetorum*, L. — Uredos et téleutospores. Çà et là dans les stations xérothermiques au-dessus de Neuchâtel : Tête-Plumée. 28 août 1908 ; rue Fontaine-André. 18 septembre 1908 ; Bois de l'Hôpital. 13 octobre 1908, et Roche-de-l'Ermitage. Octobre 1909.

### Puccinia Morthieri, Körnicke.

Sur : *Geranium silvaticum*, L. — Téleutospores. Bois entre le Mont des Verrières et la Côte-aux-Fées. 23 juillet 1903. (Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.) — Bois près du Chalet du Lessy, montagne de Boudry. 1er août 1909.

### Puccinia Rumicis scutati (DC.), Winter.

Sur : *Rumex scutatus*, L. — Eboulis derrière la source de la Noiraigue. 20 septembre 1908, uredos et téleutospores.

### Puccinia Arenariæ (Schum.), Winter.

Sur : *Dianthus barbatus*, L. — Téleutospores. Jardin à Corcelles. 9 octobre 1879. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier.)

Sur : *Melandrium diurnum*, Crép. — Téleutospores. Clairière de bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 9 octobre 1909.

Sur : *Mœhringia muscosa*, L. — Téleutospores. Endroits rocailleux entre le Pertuis-du-Soc et Tête-Plumée sur Neuchâtel. 9 juin 1908 et 29 juillet 1909. — Bois de Peseux. 27 août 1908. — Pleines-Roches derrière Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 11 août 1909. — Sentier de Rochefort à Tablette. 19 août 1909.

Sur : *Mœhringia trinervia* (L.), Clairv. — Téleutospores. Très commun dans tous les bois jusqu'au haut Jura, de mai à octobre. (Catalogue, sous le nom de *Puccinia mœhringiæ*, Fuckel. Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier et Herb. Mayor.)

Sur : *Stellaria media*, Vill. — Téleutospores. Forêt du Sapet au-dessus de Dombresson. Octobre 1861. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier.) Catalogue, sous le nom de *Puccinia Stellariæ*, Fuckel.

### Puccinia Calthæ, Link.

On trouve dans le catalogue de Morthier : *P. calthæ*, Tul., sur le *Caltha palustris*. Cette espèce ne se retrouve pas dans l'herbier Morthier et de mon côté je n'ai pas eu l'occasion de la récolter dans le canton, aussi reste-t-elle douteuse encore pour notre flore neuchâteloise.

### Puccinia Thlaspeos, Schubert.

Sur : *Arabis hirsuta* (L.), Scop. — Téleutospores. Çà et là dans les stations xérothermiques entre le Pertuis-du-Soc et Tête-Plumée sur Neuchâtel, en mai et juin 1908.

Sur : *Thlaspi alpestre*, L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier (Fuckel, *Fungi rhenani* nº 2119); catalogue; Planches sur Dombresson. Mai 1861. (Herb. Morthier); Valangin. Mai 1874 et mai 1879. (Herb. Morthier) et entre la Cour et les Petits-Ponts. 6 juin 1900. (Ed. Fischer.) — Pâturages de Chasseral au-dessus de Lignières. 8 juillet 1902. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 15 juin 1904. — Pâturages de la Tourne. 14 juin 1908. — Pâturages, Combe-Varin, vallée des Ponts. 6 juin 1909.

Sur : *Thlaspi montanum*, L. — Téleutospores. Uréd. de la

Suisse : Col-des-Roches près Le Locle. 4 juin 1837. (Herb. Trog); Creux-du-Van. 12 juin 1874. (Herb. Morthier) et Chasseral, pâturages au-dessus de Lignières. 8 juillet 1902. (Herb. Mayor.) — Pâturages entre Tête-de-Rang et les Loges et au sommet de la Roche-aux-Crocs. 20 juin 1909.

### Puccinia Malvacearum, Mont.

Sur : *Althæa rosea*, Cav. — Téleutospores. Commun dans les jardins, d'août à octobre; je ne l'ai constaté que dans le vignoble.

Sur : *Malva neglecta*, Wallroth. — Commun partout où se développe le phanérogame, de juillet à octobre; je ne l'ai constaté que dans la région du vignoble. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier et Herb. Mayor.)

Sur : *Malva silvestris*, L. — Commun aux endroits où se développe le phanérogame, de juin à novembre; je ne l'ai constaté que dans le vignoble et au bord du lac. (Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.)

Ce parasite, originaire du Chili, est apparu pour la première fois en Europe, en 1869, en Espagne; il fait son apparitition en Suisse en 1875 où il est rencontré près de Berne et dans le canton de Neuchâtel par Tripet[1], au Val-de-Ruz et à Chaumont. Depuis cette époque, il s'est rapidement répandu dans toute la Suisse si bien qu'actuellement c'est une des Urédinées les plus communes.

### Puccinia Buxi, DC.

Sur : *Buxus sempervirens*, L. — Téleutospores. Catalogue. Uréd. de la Suisse : Jura, Morthier. (Fuckel I, p. 57 et *Fungi rhenani*, nº 2122); Beauregard près Neuchâtel. Avril 1866. (Herb. Morthier); Serrières près Neuchâtel. Mai 1876, leg. Morthier (*Thümen Mycotheca universalis*, nº 735); à la même station. 31 mai 1879, leg. B. Jacob (Société helvétique). — Bois du Chanet près Neuchâtel. 6 août 1903. — Bois près de l'Abbaye de Fontaine-André sur la Coudre. 21 mai 1908.

### Puccinia Circææ, Pers.

Cette espèce est indiquée dans le catalogue sur *Circæa lutetiana*, mais ne se retrouve pas dans l'herbier Morthier; je n'ai pas eu l'occasion de la rencontrer dans le canton.

[1] Apparition de *Puccinia Malvacearum* à Neuchâtel, etc., en 1875. *Bull. soc. sc. nat. de Neuchâtel*, vol. X, Neuchâtel 1876, p. 244.

### Puccinia Veronicarum, DC.

Sur : *Veronica urticifolia*, L. fil. — Téleutospores. Commun dans les bois du Creux-du-Van ; je ne l'ai pas vu à d'autres localités et on ne le mentionne nulle part ailleurs dans le canton ; se développe de juillet à septembre. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier et Herb. Mayor.)

### Puccinia Glechomatis, DC.

Sur : *Glechoma hederacea*, L. — Téleutospores. Catalogue. Uréd. de la Suisse : Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. Août 1863 (Herb. Morthier) et Corcelles. Septembre 1875 (Herb. Morthier). — Haie au-dessus de la Coudre. 7 novembre 1908. — Champs au bord du lac à Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Salvia glutinosa*, L. — Téleutospores. Bois au bas de la Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909.

### Puccinia annularis (Strauss), Schlecht.

Sur : *Teucrium Chamædrys*, L. — Téleutospores. Catalogue. Commun dans toutes les stations xérothermiques des environs de Neuchâtel : Valangines, Maujobia, Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital et Saars ; de juin à septembre. — Sentier de Chambrelien à Champ-du-Moulin. 1er août 1909. — Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 18 septembre 1909.

Sur : *Teucrium Scorodonia*, L. — Téleutospores. Catalogue. Commun dans toutes les stations xérothermiques des environs de Neuchâtel (voir ci-dessus), surtout dans les taillis ; de juin à septembre. — Gare de Chambrelien. 5 juillet 1908 et sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 1er août 1909. — Bois, Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 4 septembre 1909.

### Puccinia Stachydis, DC.

Sur : *Stachys recta*, L. — Catalogue, sous le nom de *Puccinia menthæ*, Tul. 31 décembre 1864, téleutospores ; sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier). — Chemin au-dessus de la carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 9 septembre 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia grisea (Strauss), Winter.

Sur : *Globularia vulgaris*, auct. — Téleutospores. Catologue, sous le nom de *Puccinia globulariæ*, DC. Uréd. de la Suisse : Dombresson. 18 mai 1861. (Herb. Morthier) et Corcelles. Octobre 1880 et mai 1883. (Herb. Morthier, etc.) — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 31 mai 1904. — Route de Valangin, près de Pierre-à-Bot. 24 octobre 1908.

### Puccinia Galii, auct.

Catalogue : *Æcidium galii*, Pers., sur *Galium Mollugo* et *P. galiorum*, Tul., sur *Galium Mollugo*, etc.

Sur : *Galium Mollugo*, L. — Commun sur toute la pente sud de Chaumont, surtout au-dessus de Neuchâtel ; æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. — Bois entre le Landeron et Lignières. 10 juillet 1901 et 9 octobre 1909, uredos et téleutospores. — Bois, Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 4 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Galium silvaticum*, L. — Très commun partout dans les bois jusqu'à la montagne ; æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Herb. Morthier.)

### Puccinia Asperulæ odoratæ, Th. Wurth.

Sur : *Asperula odorata*, L. — Commun dans les bois, surtout pente sud de Chaumont; diminue de fréquence à mesure qu'on s'élève pour manquer presque complètement dans le haut Jura. Æcidies en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre et même novembre. (Herb. Morthier.) Catalogue, sous le nom de *Puccinia asperulæ*, Fuckel.

### Puccinia Asperulæ Cynanchicæ, Th. Wurth.

Sur : *Asperula Cynanchica*, L. — Catalogue, sous le nom de *Puccinia asperulæ*, Fuckel. Dombresson. Novembre 1863, téleutospores. (Herb. Morthier.)

### Puccinia Celakowskyana, Bubàk.

Sur : *Galium Cruciata*, Scop. — Rochefort. 20 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Route de Corcelles à la Prise-Imer. 21 juillet 1908, uredos et téleutospores. — Pâtu-

rages au pied des éboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 20 juin, æcidies et uredos, 19 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Cette espèce se sépare de *Puccinia Galii* surtout par le manque des æcidies; or le fait d'avoir trouvé des *Æcidium* à la dernière des stations indiquées, permet une certaine hésitation sur la place exacte que doit occuper ce parasite. S'agit-il, dans ce dernier cas, de *P. Galii* ayant ses trois formes sporifères habituelles ou s'agit-il de *P. Celakowskyana* qui, dans certaines conditions, serait capable de donner des æcidies? La question est bien difficile à résoudre, surtout qu'il n'y a aucune différence essentielle entre les uredos et téleutospores des deux espèces; à côté et dans les environs de *Galium Cruciata* malade, il ne se trouvait aucun autre *Galium* qui aurait pu être le point de départ d'une infection secondaire. Peut-être serait-il plus exact de réserver le nom de *P. Celakowskyana* au parasite des autres stations et de rapprocher le dernier de *P. Galii*, en s'en rapportant à Sydow qui, dans sa monographie des Urédinées, indique *Galium Cruciata* parmi les nombreux hôtes de *P. Galii*.

### Puccinia Valantiæ, Pers.

Sur : *Galium Mollugo*, L. — Chemin au-dessus de la carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 22 mai 1909, téleutospores.

Sur : *Galium silvaticum*, L. — Téleutospores. Commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage et Bois de l'Hôpital, de juin à septembre. Je ne l'ai pas constaté ailleurs.

### Puccinia Allii (DC.), Rudolphi.

Sur : *Allium oleraceum*, L. — Uredos et téleutospores. Uréd. de la Suisse : Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 24 juin 1899. (Herb. Mayor). — Au-dessus de Neuchâtel. 6 juin 1900. (Ed. Fischer.) — Bord de la Thielle entre Préfargier et Thielle. 3 juillet 1909.

Sur : *Allium pulchellum*, Don. — Uredos et téleutospores. Très commun à toutes les stations xérothermiques au-dessus de Neuchâtel : Valangines, Maujobia, Pierre-à-Bot, Plan, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital, Mail, Saars; de juin à octobre. — Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 4 septembre 1909. — Au-dessus du Landeron. 9 octobre 1909.

Sur : *Allium sphærocephalum*, L. — Uredos et téleutospores. Pentes arides près de l'ancien stand de Saint-Blaise. 5 juillet 1899. (Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.) De juin à septembre dans les stations xérothermiques au-dessus de Neuchâtel (voir ci-dessus).

PUCCINIA SMILACEARUM-DIGRAPHIDIS (Soppit), Klebahn.

Sur : *Convallaria majalis*, L. — Æcidies. Bois, Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 2 juin 1908.

Sur : *Paris quadrifolia*, L. — Æcidies. Bois au pied des rochers de Treymont sur Champ-du-Moulin. 29 juin 1908.

Sur : *Polygonatum verticillatum*, All. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Sentier de Noiraigue au Creux-du-Van. 23 juillet 1900 (Herb. Mayor) et sentier de Noiraigue au Soliat, Creux-du-Van. 5 juillet 1903 (Ed. Fischer). — Gorges de la Pouëtta-Raisse au-dessus de Fleurier. 21 juin 1904.

Les æcidies récoltées sur ces trois supports se trouvaient dans des endroits où il n'y a pas de *Phalaris* et en particulier aux stations où *Polygonatum* a été rencontré malade.

PUCCINIA ORCHIDEARUM-PHALARIDIS, Klebahn.

Je n'ai jusqu'à maintenant rencontré dans le canton que les æcidies de cette espèce.

Sur : *Listera ovata*, R. Br. — Bord du lac à Colombier. 10 juin 1899. (Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.)

Sur : *Gymnadenia conopea*, R. Br. — Pentes herbeuses au-dessus des vignes entre la tuilerie de Cortaillod et l'Abbaye de Bevaix. 11 juin 1904 et 15 juillet 1908. — Prés humides entre le Champ-du-Moulin et le Saut-de-Brot. 28 juin 1908.

Sur : *Orchis maculata*, L. — Bord du lac à Colombier. 10 juin 1899, en compagnie de *Listera* malade. (Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.) — Prés humides entre le Champ-du-Moulin et le Saut-de-Brot. 28 juin 1908, en compagnie de *Gymnadenia* malade.

Sur : *Orchis militaris*, L. — Pentes herbeuses au-dessus des vignes entre la tuillerie de Cortaillod et l'Abbaye de Bevaix. 15 juillet 1908, en compagnie de *Gymnadenia* malade. (Notes.)

Sur : *Platanthera bifolia*, Rchb. — Bois derrière l'asile de Perreux sur Boudry. 30 mai 1909.

### Puccinia Arrhenatheri (Kleb.), Erikss.

Sur : *Berberis vulgaris*, L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Gorges du Seyon. Avril 1873 (Herb. Morthier) et bois au-dessus de Neuchâtel. 6 juin 1900 (Ed. Fischer). — Valangin, au bord du Seyon. 11 juin 1899. — Très commun en juin au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. — Haies près de la marnière d'Hauterive. 30 mai 1908. — Bois de Serroue sur Corcelles. Avril 1871 (Herb. Morthier) et 31 mai 1908. — La Perrière sur Corcelles. 9 mai 1909. — Bois de Maujobia sur Neuchâtel. 13 juin 1909.

Sur : *Arrhenatherum elatius*, M. K. — Uredos et téleutospores. Haies entre le Pertuis-du-Soc et la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 17 juillet 1908 (Notes), à côté de *Berberis* malade en juin. Alors qu'en 1908, à cette station, je n'avais trouvé que quelques pieds attaqués, en 1909 j'en ai rencontré une grande quantité envahis par ce parasite de juillet à septembre. — Chemin de la Chatelainie, près de la tranchée du funiculaire de Chaumont. 19 juillet 1909, à côté d'un buisson de *Berberis* présentant très nettement un balais de sorcière et ayant encore des æcidies visibles. — Bois près du stand de Corcelles. 11 septembre 1909, à côté d'un buisson de *Berberis* présentant un balais de sorcière très caractéristique.

### Puccinia persistens, Plowr.

Sur : *Thalictrum flavum*, L. — Æcidies. Bord du lac à Auvernier. 19 juin 1899. (Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.) — Bord de la Thielle entre Epagnier et Préfargier. 3 juillet 1909.

Sur : *Thalictrum minus*, L. — Æcidies. Eboulis au-dessus de la source de la Noiraigue. 5 juin 1900. (Uréd. de la Suisse : Ed. Fischer.) J'ai retrouvé ce parasite à la même station le 14 juin 1908.

Sur : *Poa nemoralis*, L. — Le 20 septembre 1908 et le 7 novembre 1909, à l'endroit même où en juin *Thalictrum minus* est malade, j'ai récolté en quantité des uredos et téleutospores sur *Poa nemoralis*. Les deux hôtes étant non seulement côte à côte mais encore intimement mélangés, il semble logique de rapprocher ces deux parasites ; des expériences sont cependant nécessaires pour confirmer les observations faites en nature.

### Puccinia Agropyri, Ell. et Ev.

Sur : *Clematis Vitalba*, L. — Uréd. de la Suisse : environs de Neuchâtel, B. Jacob. (Herb. Morthier.) — Le long de la Thielle entre Préfargier et Thielle. 8 juillet 1903, 4 juillet 1908 et 3 juillet 1909. — Haies entre Champ-du-Moulin et le Saut-de-Brot. 28 juin 1908.

Sur : *Triticum caninum*, Schreb. — Uredos et téleutospores. Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 4 novembre 1908 et 13 juillet 1909. *Triticum* se trouve au pied d'un buisson recouvert de *Clematis* qui, au commencement de juillet 1909, porte de nombreuses æcidies.

### Puccinia Actææ Agropyri, Ed. Fischer.

On rencontre fréquemment dans le Jura des æcidies sur *Actæa spicata* (Uréd. de la Suisse); or à ces endroits je n'ai jamais vu *Triticum caninum*. Des expériences sont en cours afin de fixer exactement sur quelles plantes vont ces æcidies.

### Puccinia Agrostidis, Plowr.

Sur : *Aquilegia vulgaris*, L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : Tête-de-Rang. 6 juillet 1877, leg. B. Jacob, et bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 4 juin 1898 (Herb. Mayor) et 20 juin 1909. Dans l'herbier Morthier on le trouve provenant des Planches sur Dombresson. Juin 1861 et Sous-le-Mont près Dombresson. Juin 1865. — Bois entre la Ferme-Robert et le Creux-du-Van. 28 juin 1908. — Bois de Peseux et Serroue sur Corcelles. 31 mai 1908. — Bois entre Chaumont et La Dame. 4 juillet 1909.

Sur : *Agrostis vulgaris*, Witth. — Uredos et téleutospores. Bois, pente sud de Chaumont, chemin de la Grande-Côte sur La Coudre. 12 août 1909 ; à la même place, le 19 juin, j'ai récolté les æcidies sur *Aquilegia*. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et les pâturages du Mont Racine. 19 septembre 1909 ; à la même place, le 20 juin, j'ai récolté les æcidies sur *Aquilegia*. — Bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 19 septembre 1909 ; à la même place, le 20 juin, j'ai récolté les æcidies sur *Aquilegia*.

Sur : *Agrostis sp.* (probablement *A. vulgaris*). — Corcelles. 27 septembre 1874, téleutospores. (Herb. Morthier.)

### Puccinia dispersa, Erikss.

Sur : *Secale cereale*, L. — Champ entre la Combe Biosse et Sur Roches près du Pâquier, Val-de-Ruz. 29 août 1909, uredos et téleutospores.

### Puccinia Symphyti-Bromorum, F. Müller.

Sur : *Symphytum officinale*, L. — Uréd. de la Suisse : Le Landeron. 11 juin 1874 (Herb. Morthier) ; grève du lac à Préfargier. 18 juillet 1899 (Herb. Mayor). — Bord du lac à Cortaillod. 13 juin 1908. — Le long de la Thielle, de Préfargier à Saint-Jean ; de mai à juillet.

Sur : *Bromus mollis*, L. — Uredos et téleutospores. Savagnier, Val-de-Ruz. Juin 1861. (Herb. Morthier.) — Champs près du Chanet sur Neuchâtel. 1er juin 1908. — Vignes entre le Mail et les Saars, Neuchâtel. 2 juin 1909. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 13 juillet 1909. — Bord du lac à Colombier. 3 août 1909.

Sur : *Bromus secalinus*, L. — Uredos et téleutospores. Champs entre Montmirail et la Thielle. 14 août 1909.

Sur : *Bromus sterilis*, L. — Uredos et téleutospores. Commun partout où se développe le phanérogame à Neuchâtel et dans les environs, ainsi qu'à Saint-Blaise et au bord du lac à Colombier ; de juin à août.

### Puccinia Poarum, Nielsen.

Sur : *Tussilago Farfara*, L. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Æcidium compositarum*, Mart. Très commun partout où se développe le phanérogame, du bord du lac au haut Jura ; de juin à septembre. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier.)

Sur : *Poa annua*, L. — Je n'ai jusqu'à maintenant rencontré que la forme uredosporée. Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 20 août 1909. — Bord de chemins dans les bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 20 septembre 1909. — Route du Chanet près Neuchâtel. 22 septembre 1909. — Bord du lac de Saint-Blaise, dans les champs et jardins potagers. 16 octobre 1909.

Sur : *Poa compressa*, L. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 22 juin 1909. A la fin d'octobre il n'y avait toujours que des uredos et pas de téleutospores.

Sur : *Poa nemoralis*, L. — Uredos et téleutospores. Commun

dans les bois et en particulier sur toute la pente sud de Chaumont; de juin à septembre.

Sur : *Poa pratensis*, L. — Uredos. Chemin des Parcs-du-Milieu à Neuchâtel. 20 juin 1909 et chemin des Valangines sur Neuchâtel. 22 juin 1909. A cette dernière localité se trouvent côte à côte et malades : *Tussilago Farfara*, *Poa annua*, *compressa*, *nemoralis* et *pratensis*.

### Puccinia Virgaureæ (DC.), Lib.

Sur : *Solidago Virgaurea*, L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : Catalogue. — Bois, marais de Pouillerel près de La Chaux-de-Fonds. 5 septembre 1909.

### Puccinia Triseti, Erikss.

Sur : *Trisetum flavescens*, Beauv. — Octobre 1863, téleutospores (Herb. Morthier) ; sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton. — Haies entre le Pertuis-du-Soc et de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. Juillet 1908, uredos et téleutospores. — Pâturages, Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909, uredos. — Champs au bord du lac de Saint-Blaise. 14 août 1909, uredos. — Pâturages près de Plamboz, vallée des Ponts. 7 novembre 1909, uredos.

### Puccinia holcina, Erikss.

Sur : *Holcus lanatus*, L. — Uredos et téleutospores. Bord du lac à Auvernier. 10 août 1909 et au bord du lac de Saint-Blaise. 14 août 1909. Cette espèce est probablement beaucoup plus répandue, car *Holcus lanatus* est malade presque partout ; mais, vu la confusion qui peut se produire avec *Puccinia* du type *coronata*, il n'est pas possible de préciser en l'absence des téleutospores. Celles-ci se rencontrent rarement alors qu'au contraire les uredos sont très fréquents.

### Puccinia triticina, Erikss.

Sur : *Triticum vulgare*, Vill. — Uredos et téleutospores. Assez répandu dans les champs du vignoble et du Val-de-Ruz, en juillet et août.

Sur : *Secale cereale*, L. — Uredos et téleutospores. Je place ici une Urédinée rencontrée sur le seigle, dans un champ à Trembley sur Peseux le 31 juillet 1909. Dans ce champ se trouvaient *Triticum vulgare* et *Secale cereale* intimement mélangés et

envahis l'un et l'autre par un parasite absolument identique tant macroscopiquement que microscopiquement et dont les caractères sont ceux de *P. triticina*. D'après Eriksson (voir Uréd. de la Suisse, p. 366), *P. triticina* se développerait aussi parfois sur *Secale cereale*, ce que confirmerait l'observation en nature.

PUCCINIA GLUMARUM (Schmidt), Erikss et Henn.

Sur : *Triticum vulgare*, Vill. — Uredos et téleutospores. Champs, çà et là dans le vignoble, de juillet à septembre.

PUCCINIA SIMPLEX (Kcke), Erikss et Henn.

Sur : *Hordeum distichum*, L. — Champs à Plamboz, vallée des Ponts. 19 août 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA BARYI (Berk. et Br.), Winter.

Sur : *Brachypodium pinnatum*, Beauv. — Bois de l'Hôpital. 10 octobre 1908, uredos et téleutospores. — Bois de Maujobia. 20 août 1909, uredos et téleutospores. — Haies à Pierre-à-Bot-dessous. 21 août 1909, uredos. — Bois au-dessus du Pertuis-du-Soc. 3 septembre 1909, uredos et téleutospores et bois Pleines-Roches au-dessus de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 1er novembre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Brachypodium silvaticum*, R. Sch. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 15 juillet 1909, uredos. — Bois au pied des Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 4 septembre 1909, uredos et téleutospores. — Bois entre le Villaret, Crostant et la Prise-Imer sur Corcelles. 11 septembre 1909, uredos. — Bois au-dessus de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 14 septembre 1909, uredos et téleutospores.

PUCCINIA PYGMÆA, Eriksson.

Sur : *Calamagrostis epigea*, Roth. — Uredos et téleutospores. Bord du lac près de la tuilerie de Cortaillod. 15 août 1908.

PUCCINIA CORONATA, Corda.

Sur : *Rhamnus Frangula*, L. — Æcidies. Commun partout le long du bord du lac, de la Thielle et du lac de Saint-Blaise, en mai et juin. (Catalogue, sous le nom de *Æcidium elongatum*, Lnk. Uréd. de la Suisse : Herb. Mayor.) A tous ces endroits *Rhamnus Frangula* est en compagnie de *Rhamnus cathartica*

porteur des æcidies de *Puccinia coronifera*, aussi est-il impossible, sans expériences, de savoir exactement ce qui, parmi les graminées malades du voisinage, appartient à l'une ou à l'autre des deux espèces.

PUCCINIA CORONIFERA, Klebahn.

Sur : *Rhamnus cathartica*, L. — Æcidies. Très commun en juin et juillet, partout où se développe le phanérogame, aussi bien au bord du lac que dans les bois jusqu'au haut Jura. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier.) Catalogue, sous le nom de *Æcidium elongatum*, Lnk.

Sur : *Agrostis vulgaris*, With. — Uredos et téleutospores. Bois, chemin de la Chatelainie sur Neuchâtel. 24 août 1909. — Bois derrière la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 25 août 1909. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 1er septembre 1909. — Pente sud de Chaumont, au bas du chemin de la Grande-Côte sur La Coudre. 9 septembre 1909. A toutes ces localités, *Agrostis* se trouve à côté ou à proximité de *Rhamnus cathartica* malade en juin et non près de *R. Frangula* dont je n'ai pas constaté la présence à ces stations. C'est pour cela que je fais rentrer cette rouille dans *Puccinia coronifera* et non dans *P. coronata* comme on serait tenté de le faire d'après les expériences qui ont été faites : il est fort probable que sur *Agrostis vulgaris*, comme sur *Holcus* et *Arrhenaterum*, il peut, suivant les conditions, se développer les deux espèces.

Sur : *Arrenatherum elatius*, M. K. — Uredos et téleutospores. Commun au Pertuis-du-Soc, Bois de l'Hôpital et Valangines sur Neuchâtel ; de juillet à octobre. — Roches de Chatollion près Saint-Blaise. Septembre 1909. — Bois entre Le Landeron et Lignières. 9 octobre 1909. A tous ces endroits *Rhamnus cathartica* est malade en juin ; je n'y ai pas vu *R. Frangula*.

Sur : *Bromus asper*, Murr. — Uredos et téleutospores. Serroue sur Corcelles. 10 juillet. (Herb. Morthier.) Très commun de juillet à octobre dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Maujobia, Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital et au-dessus de La Coudre et Hauterive. — Bois du Chanet, de Peseux et de Serroue sur Corcelles ; de juillet à octobre. A tous ces endroits *Rhamnus cathartica* est malade en juin ; je n'y ai pas constaté la présence de *R. Frangula*.

Sur : *Bromus erectus*, Huds. — Uredos et téleutospores. Très commun dans toutes les stations xérothermiques au-

dessus de Neuchâtel : Valangines, Maujobia, Pierre-à-Bot, Plan, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital, Mail, Saars; de juillet à octobre. — Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 4 septembre et 16 octobre 1909. — Entre la tuilerie de Cortaillod et l'Abbaye de Bevaix. 9 septembre 1909. A tous ces endroits *Rhamnus cathartica* est malade en juin; je n'y ai pas constaté la présence de *R. Frangula*.

Sur : *Festuca gigantea*, Vill. — Uredos et téleutospores. Bois près de la Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908. A cet endroit il ne se trouve que *Rhamnus cathartica ;* il ne peut non plus s'agir de *Puccinia Festucæ* qui est différent ni de *Puccinia gibbrosa* dont les protubérances sont plus petites.

Sur : *Festuca pratensis*, Huds. — Uredos et téleutospores. Bord de chemins, rue Fontaine-André à Neuchâtel. 23 août 1909. A côté de *Rhamnus cathartica* malade en juin; *R. Frangula* n'existe pas à cette station et il ne peut non plus être question de *Puccinia Festucæ*.

Sur : *Holcus mollis*, L. — Pente sud de Chaumont, clairière de bois au bas du chemin de la Grande-Côte sur La Coudre. 9 septembre 1909, uredos et téleutospores. A proximité de *Rhamnus cathartica* malade en juin; je n'ai pas constaté la présence de *R. Frangula* à cette station.

Sur : *Holcus lanatus*, L. — Uredos et téleutospores. Serroue près Corcelles. 19 septembre 1871. (Uréd. de la Suisse: Herb. Morthier.) — Bois du Chanet près de Neuchâtel. 22 septembre 1909. A ces deux endroits je n'ai constaté que la présence de *Rhamnus cathartica* qui est malade en juin.

Sur : *Lolium italicum*, A. Br. — Uredos et téleutospores. Prés entre le Pertuis-du-Soc et la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 3 septembre 1909. A proximité de *Rhamnus cathartica* malade en juin.

Sur : *Lolium perenne*, L. — Uredos et téleutospores. Commun presque partout où se développe le phanérogame à Neuchâtel et dans les environs ainsi qu'à Saint-Blaise; d'août à octobre. Presque toujours à côté ou à proximité de *Rhamnus cathartica* malade en juin.

### Puccinia Melicæ (Erikss), Sydow.

Sur : *Melica nutans*, L. — Très commun dans tous les bois au-dessus de Neuchâtel de juillet à novembre 1909 : Maujobia, Pierre-à-Bot, Trois-Bornes, Tête-Plumée, Pertuis-du-Soc, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital et chemin de la Chatelainie. — Bois au pied des Roches de Chatollion près Saint-

Blaise. 16 octobre 1909. — Bois au-dessus de Valangin, le long du chemin de Peseux. 22 octobre 1909.

Ce parasite semble être apparu pour la première fois en 1909; en tout cas jusqu'à cette époque on ne trouve aucune mention de ce champignon dans le canton de Neuchâtel. Je n'ai encore vu que la forme uredosporée, les téleutospores étant restées introuvables malgré de nombreuses et minutieuses recherches jusqu'au commencement de novembre. Cette Urédinée ne s'attaque qu'à *Melica nutans*, respectant toujours *M. uniflora* bien que très souvent les deux phanérogames soient intimement mélangés.

### Puccinia Festucæ, Plowr.

Sur : *Lonicera alpigena*, L. — Æcidies. Commun dans tous les bois du Jura, de mai à juillet; je l'ai rencontré jusque dans les bois derrière Tête-Plumée et Pierre-à-Bot sur Neuchâtel, stations les plus basses où je l'ai observé. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier et Herb. Mayor.)

Sur : *Lonicera nigra*, L. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Æcidium Xylostei*, Wallr. Uréd. de la Suisse : Neuchâtel (probablement Jura). Juin 1879, leg. Morthier (de *Thümen Mycatheca universalis*, nº 1426). — Bois du Jura : Montagne de Boudry. 5 juillet 1908; entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang, Roche-aux-Crocs, Combe-des-Cugnets et versant nord du Mont-Racine. 20 juin 1909; Bois de Vaux au-dessus du Brazel, vallée de La Brévine. 25 juillet 1909.

Sur : *Lonicera Xylosteum*, L. — Très commun dans tous les bois, jusqu'aux sommets du Jura, en juin et juillet. (Catalogue, sous le nom de *Æcidium Xylostei*, Wallr. Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier et Herb. Mayor.)

Sur : *Festuca duriuscula*, L. — Assez commun dans nos stations xérothermiques : Pierre-à-Bot, Plan, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Bois de l'Hôpital, Roche-de-l'Ermitage et Mail; d'août à octobre 1909. Je n'ai rencontré jusqu'à maintenant sur ce support que la forme uredosporée; à toutes les stations indiquées, à côté ou à proximité, se trouve en grande abondance *Lonicera Xylosteum* malade en juin.

Sur : *Festuca ovina*, L. — Aux mêmes stations que ci-dessus pour *Festuca duriuscula* et dans les mêmes conditions; là encore je n'ai vu que la forme uredosporée.

Sur : *Festuca rubra*, L. — Uredos et téleutospores. Très commun dans les bois de toute la pente sud de Chaumont et surtout au-dessus de Neuchâtel; de juin à octobre. Toujours

à côté ou à proximité immédiate de *Lonicera Xylosteum* ou *alpigena*, suivant les endroits, malades en juin. — Bois du Chanet, de Peseux et de Serroue sur Corcelles, de juillet à octobre; à côté de *Lonicera Xylosteum* malade en juin. — Bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 19 septembre 1909; à côté de *Lonicera alpigena*, *nigra* et *Xylosteum* trouvés malades le 20 juin 1909. — Bois au pied des Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 16 octobre 1909; à côté de *Lonicera Xylosteum* malade en juin. — Bois entre Rochefort et Chambrelien. 7 novembre 1909, téleutospores; à côté de *Lonicera Xylosteum* malade en juin. Les téleutospores se rencontrent en août sur les feuilles caulinaires, mais surtout en septembre et octobre sur les feuilles radicales.

Il a été trouvé dans le canton de Neuchâtel un certain nombre de graminées attaquées par des rouilles du type *coronata*, mais qu'il n'est pas possible de rattacher avec certitude à une des espèces de ce groupe. Il s'agit très probablement dans ces cas soit de *Puccinia coronata*, soit de *P. coronifera;* pour les espèces que j'ai récoltées moi-même, il ne peut y avoir d'hésitation qu'entre ces deux Urédinées et il en est vraisemblablement de même pour celles trouvées par Morthier.

Sur : *Aira cæspitosa*, L. — Uredos et téleutospores. Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 31 octobre 1908 ; à proximité de *Rhamnus Frangula* et *cathartica* malades en juin.

Sur : *Agrostis alba*, L. — Uredos et téleutospores. Bord de la Thielle entre Préfargier et Thielle. Octobre 1908. Il s'agit probablement de *Puccinia coronata*, mais à côté se trouve non seulement *Rhamnus Frangula*, mais encore *R. cathartica* et tous deux malades en juin.

Sur : *Arrhenatherum elatius*, M. K. — Uredos et téleutospores. Très commun au bord du lac, le long de la Thielle et du lac de Saint-Blaise; de juillet à octobre. A ces localités il se trouve fort probablement *Puccinia coronata* et *coronifera* car les deux *Rhamnus* sont malades en juin, à proximité de *Arrhenatherum*.

Sur : *Bromus asper*, Murr. — Serroue sur Corcelles. (Uréd. de la Suisse : Herb. Morthier.) J'ai rattaché cette Urédinée à *Puccinia coronifera* car, à cette localité, on ne rencontre que *Rhamnus cathartica* et pas *R. Frangula*.

Sur : *Festuca arundinacea*, Schreb. — Uredos et téleutospores. Bord du lac de Saint-Blaise. 25 septembre 1908 et bord de la Thielle entre Préfargier et Thielle, d'août à octobre 1909. Il s'agit vraisemblablement de *Puccinia coronata*, mais là encore les deux *Rhamnus* se rencontrent malades en juin.

Sur : *Glyceria aquatica*, Wahlb. — Uredos et téleutospores. Bord de la Thielle entre Epagnier et Thielle. 14 août 1909. D'après les expériences faites, il semble qu'on soit en présence de *Puccinia coronifera,* mais à cette station se rencontrent les deux *Rhamnus* malades, en juin.

Sur : *Holcus lanatus,* L. — Uredos et téleutospores. Bord du lac de Saint-Blaise. 1er septembre 1909; à côté des deux *Rhamnus* malades, en juin. Peut-être les deux espèces *Puccinia coronata* et *coronifera* sont-elles représentées à cette localité.

Sur : *Phalaris arundinacea,* L. — Téleutospores. Valangin. 12 octobre 1872. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier.) Il est probable qu'on soit en présence de *Puccinia coronata*, mais le manque de renseignements ne permet pas une détermination exacte.

Enfin j'ai trouvé sur *Sesleria cærulea* une rouille du type *coronata* récoltée dans des conditions intéressantes et qui mérite une mention spéciale. A la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang, le 19 septembre 1909, dans les éboulis, j'ai récolté ce parasite en uredos et téleutospores sous un petit buisson de *Rhamnus alpina* qui, le 20 juin 1909, était absolument recouvert d'æcidies. A côté de *Sesleria* il n'y avait que ce *Rhamnus*; *R. Frangula* n'existe pas à cette station, quant à *R. cathartica* il fallait aller à quelque cent mètres pour en trouver (d'ailleurs fort probablement malade en juin bien que je ne puisse l'affirmer). Le 7 novembre 1909, dans les éboulis au-dessus de la source de la Noiraigue, j'ai récolté le même parasite, en uredos et téleutospores, également sous un buisson de *Rhamnus alpina* (je n'ai pas constaté s'il était ou non malade en juin) et là je n'ai pas vu de *R. cathartica* à proximité immédiate. Par contre, à une autre station, dans les bois au-dessus de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel, le 24 septembre 1909, j'ai rencontré *Sesleria* malade (uredos et téleutospores) à côté d'un pied de *Rhamnus cathartica* malade, en juin; à cette station, *R. alpina* n'existe pas ou du moins je n'ai pas constaté sa présence dans les environs immédiats. Y a-t-il eu aux deux premières localités mentionnées une simple coïncidence ou bien existe-t-il réellement une relation entre les æcidies de *Rhamnus alpina* et les téleutospores de *Sesleria,* c'est ce que des expériences seules peuvent démontrer. Je crois cependant que ces téleutospores sont plutôt en relation avec *Rhamnus cathartica,* par le fait qu'à Pierre-à-Bot je n'ai pas vu de *R. alpina;* toutefois, aux autres stations, je n'ai constaté aucune graminée malade qui, elle, pût être en relation avec *R. alpina*.

## GYMNOSPORANGIÉES

### Genre **Gymnosporangium**, Hedw.

GYMNOSPORANGIUM CLAVARIÆFORME (Jacq.), Rees.

Sur : *Cratægus Oxyacantha,* L. — Æcidies. Uréd. de la Suisse : catalogue, sous le nom de *Ceratitium laceratum,* Rbh.; Saint-Martin, Val-de-Ruz. Juin 1860. (Herb. Morthier.) — Jardin à Neuchâtel. 13 août 1908, sur la variété rose cultivée. (Notes.)

Sur : *Juniperus communis,* L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : catalogue, au Val-de-Ruz, sous le nom de *Podisoma clavariæforme,* Duby.

GYMNOSPORANGIUM TREMELLOIDES, R. Hartig.

Sur : *Pirus Malus,* L. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Ceratitium mali,* Fuckel. (Uréd. de la Suisse.) Près de Saint-Martin, Val-de-Ruz, 1860 et entre Saint-Martin et Dombresson. Octobre 1866. (Herb. Morthier.)

Sur : *Sorbus Aria,* Crantz. — Æcidies. Plus ou moins répandu dans les bois jusqu'aux sommets du Jura; en août et septembre. (Uréd. de la Suisse : catalogue, sous le nom de *Ceratitium laceratum,* Rhb.; Rapin, herb. Argentorat; Ed. Fischer et F. Tripet.)

Sur : *Juniperus communis,* L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : au-dessus de Noiraigue (F. Tripet); entre la Cour et les Petits-Ponts. 6 juin 1900. (Ed. Fischer.) — Taillis entre le Pertuis-du-Soc et Tête-Plumée sur Neuchâtel. 11 mai 1909. — Sommet de la Tourne. 6 juin 1909.

GYMNOSPORANGIUM JUNIPERINUM (L.), Fr.

Sur : *Sorbus aucuparia,* L. — Æcidies. Très commun dans les bois, jusqu'aux sommets du Jura; en août et septembre surtout. (Uréd. de la Suisse : catalogue, sous le nom de *Ceratitium cornutum,* Rabh.; herb. Morthier et herb. Mayor.)

Sur : *Juniperus communis,* L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : catalogue, indiqué comme commun; entre la Cour et les Petits-Ponts. 6 juin 1900. (Ed. Fischer.) — Planches sur Dombresson. Mai 1861. (Herb. Morthier.) A ces stations, il doit bien s'agir de *G. juniperinum* et non de l'espèce suivante.

Gymnosporangium Amelanchieris (DC.), Ed. Fischer.

Sur : *Aronia rotundifolia,* Pers. — Æcidies. Très commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage et Bois de l'Hôpital; en août et septembre. — Entre Combe-Varin, vallée des Ponts et Noiraigue. 20 septembre 1908. — Sentier de Rochefort à Tablette. 19 août 1909.

Sur : *Juniperus communis,* L. — Téleutospores. Taillis près de Tête-Plumée sur Neuchâtel. 14 mai 1909; à côté d'un pied d'*Aronia* recouvert d'æcidies, en août.

Gymnosporangium Sabinæ (Dicks), Winter.

Sur : *Pirus communis,* L. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Rœstelia cancellata,* Reb. (Uréd. de la Suisse.) — Dombresson. Septembre 1861 et Troisrods sur Boudry. (Herb. Morthier.) — Jardin au Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 24 août 1909.

## PHRAGMIDIÉES

### Genre **Gymnoconia.**

Gymnoconia interstitialis (Schlechtend.), Lagerh.

Sur : *Rubus saxatilis,* L. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et les pâturages du Mont-Racine; cæoma le 20 juin, téleutospores le 19 septembre 1909.

### Genre **Phragmidium,** Link.

Phragmidium subcorticium (Schrank), Winter.

Sur : *Rosiers cultivés.* — Assez commun dans les jardins, de juillet à octobre; je ne l'ai constaté que dans le vignoble.

Sur : *Rosa canina,* L. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 24 juillet 1908, cæoma.

Sur : *Rosa coriifolia,* Fr. — Bois près de l'école de Chaumont. 20 juin, cæoma et 19 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 5 juillet 1908, cæoma. (Notes.)

Sur : *Rosa dumetorum,* Thuill. — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 24 juillet, cæoma et 29 septembre 1908, uredos et

téleutospores. (Notes.) — Bois, Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Rosa spinosissima,* L. — Très commun sur toute la pente sud de Chaumont et surtout à toutes les stations xérothermiques au-dessus de Neuchâtel ; cæoma en mai et juin, uredos et téleutospores de juillet à octobre. (Herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : herb. Mayor et Ed. Fischer.)

Sur : *Rosa tomentosa,* Sm. — Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel ; cæoma, 1er juillet et 2 août 1908, uredos et téleutospores. (Eug. Mayor, *Bulletin,* t. XVIII, 1909.) — Chemin de Combe à Cervey, derrière la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 24 juillet, cæoma et 4 septembre 1908, uredos et téleutospores.

Dans le catalogue, on trouve pour cette espèce : *Phragmidium rosarum,* Fuckel, sur les feuilles de rosiers.

### Phragmidium tuberculatum, J. Müller.

Sur : *Rosa arvensis,* Huds. — Très commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel et d'une manière générale partout où se développe le phanérogame ; cæoma en juin, uredos et téleutospores de juillet à octobre.

Sur : *Rosa canina,* L. — Commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel ; cæoma en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Notes.) — Haie près de l'Abbaye de Bevaix. 13 juin 1908, cæoma. — Gorges de l'Areuse. 28 juin 1908, cæoma. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 5 juin, cæoma, et 21 août 1908, uredos et téleutospores. (Notes.)

Sur : *Rosa rubiginosa,* L. — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel, près de la Roche-de-l'Ermitage. 24 juin, cæoma, et 24 juillet, uredos et téleutospores. (Notes.)

Sur : *Rosa rubrifolia,* Vill. — Tête-de-Rang. 15 juillet 1877, cæoma. (B. Jacob in Société helvétique : Uréd. de la Suisse.) — Bois de Vaux au-dessus du Brazel, vallée de la Brévine. 25 juillet 1909, cæoma.

Sur : *Rosa tomentosa,* Sm. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 17 juin, cæoma, et 21 août 1908, uredos et téleutospores ; en compagnie de *Rosa canina* malade. (Notes.) — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 28 mai, cæoma, et 7 août 1909, uredos et téleutospores. — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 3 juin, cæoma, et 24 août 1909, uredos et téleutospores. — Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 15 juin, cæoma, et 10 août 1909, uredos et téleutospores.

PHRAGMIDIUM FUSIFORME, J. Schröter.

Sur : *Rosa alpina,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame; cæoma en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. Se trouve jusque dans les bois de Peseux et de Tête-Plumée sur Neuchâtel. (Uréd. de la Suisse : herb. Morthier, herb. Mayor et Ed. Fischer.)

PHRAGMIDIUM SANGUISORBÆ (DC.), Schrœt.

Sur : *Sanguisorba minor,* Scop. — Commun partout où se développe le phanérogame; je l'ai surtout constaté abondamment dans le vignoble et le Val-de-Ruz. Cæoma en avril et mai, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Herb. Morthier et catalogue, sous le nom de *Phragmidium Poterii,* Fuckel.)

PHRAGMIDIUM POTENTILLÆ (Pers.), Winter.

Sur : *Potentilla verna,* auct. — Catalogue, sous le nom de *Phragmidium apiculatum,* Tul. Entre Saint-Martin et Dombresson. Octobre 1866, téleutospores. (Herb. Morthier.) — Sentier du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 27 août 1908, uredos et téleutospores. — Décombres près des carrières d'Hauterive. 6 novembre 1909, uredos et téleutospores.

PHRAGMIDIUM FRAGARIASTRI (DC.), Schrœter.

Sur : *Potentilla Fragariastrum,* Ehrh. — Catalogue, sous le nom de *Phragmidium brevipes,* Fuckel. Montezillon sur Corcelles. Avril 1869, cæoma, et décembre 1866, téleutospores. (Herb. Morthier.) Corcelles. Septembre 1873, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.)

PHRAGMIDIUM ALBIDUM (Kühn), Ludw.

Sur : *Rubus fruticosus,* Koch. — Bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel et derrière Tête-Plumée. 23 octobre à 1er décembre 1909. — Bois, Chaumont, au Pré-Louiset. 24 octobre 1909. Je n'ai vu encore que les pyknides et uredos, les téleutospores ne se développant qu'au printemps.

PHRAGMIDIUM VIOLACEUM (Schulz), Winter.

Sur : *Rubus fruticosus,* Koch. — Catalogue, sous le nom de *Phragmidium asperum,* Fuckel. Planches sur Dombresson.

(Herb. Morthier.) — Décombres près des carrières d'Hauterive et chemin entre La Coudre et la marnière d'Hauterive. 6 novembre 1909, téleutospores.

Sur : *Rubus ulmifolius,* Schott. fil. — Commun dans les haies, le long des chemins, à la lisière des bois et le long des sentiers dans les forêts, dans toute la région du vignoble. Cæoma en juin, uredos et téleutospores de juin à novembre.

### Phragmidium Rubi (Pers.), Winter.

Sur : *Rubus cæsius,* L. — Catalogue, sous le nom de *Phragmidium incrassatum,* Tul. 2 novembre 1861 (Herb. Morthier); sans indication de localité, mais provenant très probablement du canton. — Route de Corcelles à la Prise-Imer. 17 octobre 1908, uredos et téleutospores. — Les Parcs à Neuchâtel, près du pont du Seyon. 24 octobre 1909, uredos et téleutospores. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 31 octobre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Rubus fruticosus,* Koch. — Planches sur Dombresson. Juin 1863, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Maujobia sur Neuchâtel. 4 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Haies près du stand de Corcelles. 5 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 12 novembre 1908, téleutospores. — Haies, Pierre-à-Bot-Dessous. 21 août 1909, uredos et téleutospores; bois, Pertuis-du-Soc. 9 septembre, et Maujobia sur Neuchâtel. 15 septembre 1909, uredos et téleutospores. — Bord du chemin entre La Coudre et la marnière d'Hauterive. 6 novembre 1909, téleutospores.

Sur : *Rubus saxatilis,* L. — Bois de Serroue sur Corcelles. Octobre 1870, uredos et téelutospores. (Herb. Morthier.) — Pente sud de Chaumont, haut du sentier des Poules. 13 octobre 1909, uredos et téleutospores.

### Phragmidium Rubi-Idæi (Pers.), Winter.

Sur : *Rubus Idæus,* L. — Très commun partout dans les bois jusqu'aux sommets du Jura; cæoma en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Catalogue, sous le nom de *Phragmidium effusum,* Fuckel; herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : Ed. Fischer.)

### Genre **Triphragmium**, Link.

TRIPHRAGMIUM ECHINATUM, Lév.

Sur : *Meum Athamanticum,* Jacq. — Téleutospores. Pâturages, chez le Pussin sur les Verrières. 15 juillet 1905. (Ed. Fischer, *Bulletin,* t. XVII, 1908.) J'ai retrouvé ce parasite le 25 juillet 1909 dans les pâturages de chez Lambelet sur les Verrières.

TRIPHRAGMIUM ULMARIÆ (Schum.), Winter.

Sur : *Ulmaria palustris,* Mönch. — Catalogue. Savagnier et Rulliard sur Savagnier, Val-de-Ruz. 22 mai, uredos primaires et 13 juin 1861, téleutospores (Herb. Morthier); entre Chézard et Savagnier, Val-de-Ruz. 2 novembre 1861, téleutospores. (Herb. Morthier.) — Champ-du-Moulin, le long de l'Areuse. 1er août 1909, uredos primaires, uredos secondaires et téleutospores.

TRIPHRAGMIUM FILIPENDULÆ, Lasch.

Sur : *Ulmaria Filipendula,* Hill. — Uréd. de la Suisse : au-dessus de Neuchâtel. 6 juin 1900, uredos primaires (Ed. Fischer) et juillet 1903, uredos et téleutospores (Eug. Mayor). Depuis 1903, j'ai retrouvé chaque année ce parasite, mais seulement dans les stations xérothermiques entre le Pertuis-du-Soc et la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel, soit sur les pelouses, soit le plus souvent dans les taillis ou de jeunes plantations de pins. Je ne l'ai pas constaté ailleurs, bien que le phanerogame soit répandu à d'autres stations analogues aux environs de Neuchâtel. Les uredos primaires se rencontrent en juin, les uredos secondaires et les téleutospores de juillet à octobre. En juin 1880, Morthier avait déjà trouvé cette urédinée à la même station, car on la retrouve dans son herbier avec l'indication : Pertuis-du-Soc (uredos primaires).

## CRONARTIACÉES

### Genre **Chrysomyxa**, Unger.

CHRYSOMYXA PIROLÆ (DC.), Rostr.

Sur : *Pirola chlorantha,* Sw. — Bois de Peseux. Juin 1873. (Herb. Morthier et Notes.)

Sur : *Pirola minor,* L. — Catalogue, sous le nom de *Cæoma*

*pyrolæ,* Schlecht. Bois au-dessus des Géneveys-sur-Coffrane, Val-de-Ruz. 20 juin 1909, uredos.

Sur : *Pirola rotundifolia,* L. — Herb. Morthier, sans indication de date ni de localité, mais provenant très probablement du canton de Neuchâtel, uredos.

Sur : *Pirola secunda,* L. — Catalogue, sous le nom de *Cæoma pyrolæ,* Schlecht. Bois de Serroue sur Corcelles. Mai 1881. (Herb. Morthier.) — Bois derrière Combe-Varin, vallée des Ponts. 20 septembre 1908. — Bois de Peseux. 27 août 1908 et 31 juillet 1909. — Bois près de la Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908 et 11 septembre 1909. — Bois, pente sud de la Montagne de Boudry. 30 mai 1909. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et les pâturages du Mont-Racine. 19 septembre 1909. Je n'ai vu que la forme uredosporée.

### Chrysomyxa Empetri (Pers.), Rostr.

Sur : *Empetrum nigrum,* L. — Uréd. de la Suisse : Creux-du-Van. Octobre 1876, uredo, leg. Morthier (de Thumen, *Mycotheca universalis,* nº 1044) et Eug. Mayor, éboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 16 juillet 1903. Chaque année j'ai revu ce parasite que Morthier a récolté fort probablement à la même place, car le phanérogame est bien localisé et ne se trouve, dans le canton de Neuchâtel, que dans le cirque du Creux-du-Van. Je n'ai vu que la forme uredosporée de ce champignon.

## Genre **Cronartium,** Fries.

### Cronartium asclepiadeum (Willd.), Fr.

Sur les troncs et branches de : *Pinus silvestris,* L. — A plusieurs endroits dans les bois et taillis entre le Pertuis-du-Soc et Tête-Plumée sur Neuchâtel ; en mai et juin 1908 et 1909, æcidies. Toujours à côté ou à proximité de *Vincetoxicum* malade, en juillet et août.

Sur : *Pæonia officinalis,* L. — Catalogue, sous le nom de *Cronartium pæoniæ,* Tul. Jardin à Cormondrèche. 9 septembre 1877, téleutospores. (Herb. Morthier.)

Sur : *Vincetoxicum officinale,* Mönch. — Catalogue, près de Neuchâtel. — Vauseyon près Neuchâtel. Octobre 1867, et Noiraigue, téleutospores. (Herb. Morthier.) — Très commun dans tous les environs de Neuchâtel : Beauregard, Valangines, Maujobia, Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital, Mail et Saars ; de juillet à sep-

tembre, uredos et téleutospores. Au-dessus de La Coudre et Hauterive. 7 août 1903, uredos et téleutospores. — Bois des Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 4 septembre 1909, uredos et téleutospores.

Cronartium ribicolum, Dietr.

Sur : *Pinus Strobus*, L. — Environs du Locle, æcidies. (Pillichody, *Bulletin,* t. XVII, 1908.)

Sur : *Ribes rubrum,* L. — Jardin de l'asile de Perreux sur Boudry. 24 juin 1909. Je n'ai trouvé qu'une seule feuille malade et présentant des uredos qui ne peuvent être rapportés qu'à cette espèce.

### Genre **Endophyllum,** Léveillé.

Endophyllum Euphorbiæ-silvaticæ (DC.) Winter.

Sur: *Euphorbia amygdaloides,* L. — Téleutospores. Cette espèce est très répandue dans les bois, depuis les environs de Neuchâtel (Maujobia, etc.) jusqu'aux sommités du Jura (La Tourne, etc.), de mai à juillet. (Uréd. de la Suisse : Ed. Fischer.)

## COLEOSPORIACÉES

### Genre **Coleosporium,** Lév.

Coleosporium Melampyri (Rebent.), Klebahn.

Catalogue : *C. rhinantacearum,* Lév., sur les Melampyres.

Sur : *Melampyrum cristatum,* L. — Uredos et téleutospores. Uréd. de la Suisse : bord du lac à Colombier. 3 juillet 1903. (Herb. Mayor.) — Bois au pied de la Montagne de Boudry, derrière l'asile de Perreux. 1er août 1909. Commun dans les stations xérothermiques au-dessus de Neuchâtel : Plan, Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage et Bois de l'Hôpital ; de juillet à octobre 1909.

Sur : *Melampyrum pratense,* L. — Uredos et téleutospores. Herbier Morthier, sans indication de date ni de localité, mais provenant vraisemblablement du canton. Commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Plan, Pierre-à-Bot, Tête-Plumée, Pertuis-du-Soc, Roche-de-l'Ermitage et Bois de l'Hôpital ; de juillet à octobre. — Bois entre Rochefort et Chambrelien.

3 septembre 1908. — Bois près du Villaret, Crostant et la Prise-Imer sur Corcelles. 11 septembre 1909. — Bois de Peseux et Serroue sur Corcelles. 22 septembre 1909.

Sur: *Melampyrum silvaticum,* L. — Uredos et téleutospores. Bois entre la Prise-Imer et Montezillon sur Corcelles. 11 septembre 1909. — Bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 9 octobre 1909.

### Coleosporium Euphrasiæ (Schum.), Winter.

Catalogue : *C. rhinantacearum,* Lév., sur les Rinanthes.

Sur : *Euphrasia Odontites,* L. — Uredos et téleutospores. Bord du lac à Colombier. 9 juillet 1903 et septembre 1909.

Sur : *Euphrasia officinalis,* L. — Uredos. Bois de Peseux et Serroue sur Corcelles. 5 août 1908.

Sur : *Rinanthus hirsutus,* All. — Bord de la Thielle entre Préfargier et Epagnier. 4 juillet 1908, uredos. — Champs, près du signal de Chaumont. 4 juillet 1909, uredos.

Sur : *Rhinanthus minor,* Wimm., Grab. — Uredos et téleutospores. Bord du lac à Colombier. 2 juillet 1902 et septembre 1909.

### Coleosporium Campanulæ (Pers.), Lév.

Catalogue : *C. campanularum,* Lév., sur les Campanules.

Sur les aiguilles de *Pinus silvestris,* L. — Æcidies. Bois de Maujobia sur Neuchâtel. 29 avril 1909; à côté de *Campanula rapunculoides* malade, en juin. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 13 mai 1909; à côté de *Campanula rapunculoides* et *Trachelium* malades, en juin.

Sur : *Campanula latifolia,* L. — Herbier Morthier, sans indication ni de date, ni de localité, mais provenant très probablement du canton. Bois au bas de la Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août et 9 octobre 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Campanula rapunculoides,* L. — Uredos et téleutospores. Très commun dans toute l'aire de dispersion du phanérogame; de mai à octobre. (Herb. Morthier.)

Sur : *Campanula rotundifolia,* L. — Uredos. Peseux. (Herb. Morthier.) — Gorges de l'Areuse. 16 juillet 1903. — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 14 août 1908. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 23 août 1909.

Sur : *Campanula Trachelium,* L. — Uredos et téleutospores. Très commun dans toute l'aire de dispersion du phanérogame; de juin à octobre.

Sur : *Phyteuma spicatum,* L. — Uredos et téleutospores. Cressier. Juin 1877. (Herb. Morthier.) Uréd. de la Suisse : sentier de Rochefort à Tablette. 12 juillet 1900. (Herb. Mayor.) — Sentier C. A. S. de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel à Chaumont. 11 juillet 1900. — Bois au-dessus d'Hauterive. 19 juin 1909. — Bois au-dessus de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 25 juin 1909. — Bois de Peseux et Corcelles. 1er juillet 1909. — Sentier des Poules, pente sud de Chaumont. 4 juillet 1909. — Bois derrière la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 7 juillet 1909.

### Coleosporium Cacaliæ (DC.), Wagner.

Sur : *Adenostyles albifrons,* Rehb. — Uredos et téleutospores. Creux-du-Van. Août 1867 et Champ-du-Moulin. (Herb. Morthier.) — Bois, Combe Mauley près de la Joux-du-Plane sur Dombresson. 15 août 1909. — Bois entre Chuffort et Chasseral. 29 août 1909.

Sur : *Adenostyles alpina,* Bl., Fing. — Uredos et téleutospores. Creux-du-Van. 1er octobre 1867 et août 1876. (Herb. Morthier.) — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 16 juillet 1903 et 1er août 1909. — Bois au pied des rochers de Treymont sur Champ-du-Moulin. 28 juin 1908. — Combe Biosse, dans les bois et les éboulis, versant nord de Chasseral. 29 août et 9 octobre 1909.

### Coleosporium Inulæ (Kze.), Ed. Fischer.

Sur : *Inula salicina,* L. — Uredos et téleutospores. Catalogue, à Serroue sur Corcelles. Uréd. de la Suisse : Jura en automne, leg. Morthier (Fuckel, *Fungi rhenani,* nº 2117 et Fuckel I, p. 44) et Corcelles. 28 août 1873 (Herb. Morthier); Serroue sur Corcelles. 20 septembre 1867. (Herb. Morthier.) — Bord du lac à Colombier. 30 juillet 1907 et 7 octobre 1909. — Bord de la Thielle entre Epagnier et Thielle. 10 octobre 1908. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1909.

### Coleosporium Tussilaginis (Pers.), Klebahn.

Sur : *Tussilago Farfara,* L. — Catalogue, sous le nom de *Coleosporium compositarum,* Lév. Très commun dans toute l'aire de dispersion du phanérogame; de juillet à octobre. Je n'ai vu que la forme uredosporée. (Herb. Morthier.)

### Coleosporium Petasitis, De Bary.

Sur : *Petasites officinalis,* Mönch. — Uredos et téleutospores. Bois entre la Ferme-Robert et le cirque du Creux-du-Van et bord de l'Areuse au Champ-du-Moulin. 23 août 1908.

### Coleosporium Senecionis (Pers.), Fr.

Catalogue : *Coleosporium compositarum,* Lév., sur les Seneçons.

Sur : *Senecio vulgaris,* L. — Uréd. de la Suisse : Corcelles, uredos. Automne 1874. (Société helvétique.) — Commun au bord des chemins, dans les champs, les vignes et les décombres, dans toute la région du vignoble; d'août à octobre. Ce parasite doit être répandu dans tout le canton et pas seulement dans le vignoble; je n'ai vu que la forme uredosporée.

Sur : *Senecio Fuchsii,* Grml. — Uredos et téleutospores. Bois entre Corcelles et Montmollin. Août 1874. (Herb. Morthier.) — Bois entre Rochefort et Chambrelien. 14 juillet 1908. — Bois au bas de la Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 9 octobre 1909. — Bois de Serroue sur Corcelles. 23 octobre 1909.

### Coleosporium Sonchi (Pers.), Lév.

Sur : *Sonchus arvensis,* L. — Uredos. Savagnier, Val-de-Ruz. 4 août 1861. (Herb. Morthier.) — Bord du lac à Colombier. 10 août et 7 octobre 1909.

Sur : *Sonchus asper,* All. — Uredos. Çà et là au bord des chemins et dans les cultures du vignoble; d'août à octobre. Doit être répandu dans tout le canton.

Sur : *Sonchus oleraceus,* L. — Uredos. Herbier Morthier, sans indication de date, ni de localité, mais provenant très probablement du canton. Çà et là dans les champs et les cultures du vignoble et à Lignières; d'août à octobre. Doit être répandu dans tout le canton.

Le 29 avril 1909, j'ai récolté au bord du lac à Colombier, sur les aiguilles de *Pinus silvestris* des æcidies appartenant à une des espèces du genre *Coleosporium*. A cet endroit et à proximité immédiate, j'ai trouvé malades : *Melampyrum cristatum, Euphrasia Odontites, Rhinanthus minor* et *Inula salicina.* Dans ces conditions, il n'est pas possible, sans expériences, de savoir où placer exactement les æcidies en question.

## Genre **Ochropsora,** Dietel.

### Ochropsora Sorbi (Oud.), Diet.

Sur : *Anemone nemorosa,* L. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Æcidium leucospermum*, DC., Dombresson. 15 mai

1861. (Herb. Morthier.) Très commun sur toute la pente sud de Chaumont et jusqu'au Signal; surtout abondant dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage et Bois de l'Hôpital. Se développe en avril et mai et en juin au sommet de Chaumont. — Bois au pied des Roches de Chatollion et taillis à Vœns près Saint-Blaise. 2 mai 1909.

J'ai récolté les uredos et téleutospores sur : *Pirus communis,* L., *Sorbus Aria,* Crantz., *aucuparia,* L. et *torminalis,* L. (Notes.) Sur ces quatre supports le parasite se rencontre très fréquemment dans les bois de la pente sud de Chaumont et jusqu'au Signal; il est tout particulièrement abondant dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Roche-de-l'Ermitage et Bois de l'Hôpital. Se développe d'août à fin octobre (1908 et 1909). On rencontre très souvent les quatre supports malades au même endroit, soit trois seulement ou deux suivant les conditions; il est rare de ne trouver qu'un seul de ces phanérogames attaqués, tant, sur toute la côte de Chaumont, les trois sorbiers et le *Pirus* sont intimément mélangés. — Bois au pied des Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 16 octobre 1909, sur *Pirus communis, Sorbus Aria et torminalis;* à côté de *Anemone nemorosa* malade, le 2 mai 1909.

Sur : *Sorbus latifolia,* Pers. — Uredos et téleutospores. Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel, sentier de la Roche-de-l'Ermitage à La Coudre. 3 octobre 1908 (Notes) et durant tout le mois d'octobre en 1909. A côté, j'ai récolté le même parasite sur : *Pirus communis, Sorbus Aria* et *torminalis,* et à la même place, en mai, j'ai constaté la présence des æcidies sur *Anemone nemorosa.*

Sur : *Aruncus silvestris,* Kosteletzky. — Uredos et téleutospores. Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel, août à octobre 1908 (Notes) et octobre 1909. Au même endroit, en mai. j'ai constaté la présence des æcidies sur *Anemone nemorosa;* dans le courant d'octobre 1909, à côté d'*Aruncus* malade, et dans les environs immédiats j'ai récolté *Pirus communis, Sorbus Aria* et surtout *Sorbus aucuparia* attaqués aussi par *Ochropsora Sorbi.* Sur *Aruncus* le parasite semble être une peu différent de celui qui s'attaque aux autres supports; aussi des expériences seraient-elles nécessaires pour vérifier s'il s'agit peut-être de deux espèces différentes, bien que les observations faites en nature soient favorables à l'hypothèse d'une seule et même espèce.

# MELAMPSORACÉES

## Genre **Pucciniastrum**, Otth.

### Pucciniastrum Epilobii (Pers.), Otth.

Sur : *Epilobium angustifolium*, L. — Uredos et téleutospores. Commun dans les bois et surtout les clairières de bois, d'août à octobre. On le rencontre depuis les bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel jusqu'aux sommets du Jura. (Catalogue, sous le nom de *Melampsora epilobii*, Fuckel ; herb. Morthier.)

Sur : *Epilobium roseum*, Schreb. — Fossés au bord du lac à Colombier. 7 octobre 1909, uredos.

### Pucciniastrum Circææ (Schum.), Schrœter.

Sur : *Circæa lutetiana*, L. — Uréd. de la Suisse : au-dessus de Couvet, Val-de-Travers. Août 1863, uredos. (Herb. Morthier.)

### Pucciniastrum Gœppertianum (Kühn.), Klebahn.

Sur : *Vaccinium Vitis Idæa*, L. — Téleutospores. Uréd. de la Suisse : Creux-du-Van. Septembre 1872 (Morthier) et 5 juillet 1903. (Ed. Fischer.) Même localité dans l'herbier Morthier les 29 mai 1867 et 11 juin 1869. — J'ai moi-même rencontré ce parasite très abondamment dans les taillis au pied des éboulis des rochers du Creux-du-Van les 28 juin 1908 et 1er août 1909 ; c'est fort probablement la même localité où Morthier l'a observé. — Bois au pied des rochers de Treymont sur Champ-du-Moulin. 2 mai 1871 (Herb. Morthier) et 28 juin 1908. — Bois près de la Cornée sur le Brazel dans la vallée de la Brévine. 25 juillet 1909. Le parasite produit une déformation considérable du phanérogame, si bien que de loin déjà l'attention est attirée par cette sorte de petit balais de sorcière absolument caractéristique.

### Pucciniastrum Vacciniorum (Link.), Dietel.

Catalogue : *Cæoma vacciniorum*, Link., sur les feuilles de *vaccinium*.

Sur : *Vaccinium Myrtillus*, L. — Commun partout où se développe le phanérogame, de juin à octobre ; je n'ai vu que la forme uredosporée.

Sur : *Vaccinium Vitis Idæa,* L. — Uredos. Derrière Treymont sur Champ-du-Moulin. 29 août 1871. (Herb. Morthier.) — Taillis et buissons des éboulis des rochers du Creux-du-Van. 28 août 1908. — Marais des Ponts. 20 septembre 1908. — Marais de la Joux-du-Plane sur Dombresson. 15 août 1909.

Sur : *Vaccinium uliginosum,* L. — Uredos. Marais des Ponts. Septembre 1872 (Herb. Morthier) et 20 septembre 1908. — Taillis et buissons des éboulis des rochers du Creux-du-Van. 28 août 1908. — Marais de Pouillerel près de La Chaux-de-Fonds. 5 septembre 1909.

PUCCINIASTRUM GALII (Link.).

Sur : *Asperula odorata,* L. — Uredos. Assez répandu dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée, Bois de l'Hôpital, en septembre et octobre. — Bois de Serroue sur Corcelles. 23 octobre 1909.

Sur : *Galium rotundifolium,* L. — Uredos. Bois de Peseux. 27 août 1908. (Notes.) — Bois derrière l'asile de Perreux sur Boudry. 1er août 1909. — Bois de Serroue sur Corcelles. 23 octobre 1909.

## Genre **Hyalopsora,** Magnus.

HYALOPSORA POLYPODII DRYOPTERIDIS (Moug. et Nestl.), Magnus.

Sur : *Phegopteris Robertiana,* A. Braun. — Bois au bas des éboulis des rochers du Creux-du-Van. 16 juillet 1903, uredos.

Sur : *Phegopteris Dryopteris,* Fée. — Uréd. de la Suisse : bois entre le mont des Verrières et Meudon (les Verrières). 23 juillet 1903, uredos et téleutospores. (Herb. Mayor.) — Bois au pied des rochers de Treymont sur Champ-du-Moulin. 28 juin 1908, uredos et téleutospores. — Bois entre la Cornée et le Bois de Vaux sur le Brazel dans la vallée de la Brévine. 25 juillet 1909, uredos.

HYALOPSORA POLYPODII (Pers.), Magnus.

Sur : *Cystopteris fragilis,* Bernhardi. — Creux-du-Van. 1er octobre 1867 et août 1872. (Herb. Morthier.) Corcelles. Août 1871. (Herb. Morthier.) — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 5 août 1908, uredos. — Pertuis sur Dombresson. 15 août 1909, uredos et téleutospores. — Rochers de Chasseral, versant nord. 29 août 1909, uredos et téleutospores. — Bois rocheux derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 25 septembre et 7 novembre 1909, uredos et téleutospores. — Gorge entre le Pâquier et Villiers, Val-de-Ruz. 9 octobre 1909, uredos.

HYALOPSORA KRIEGERIANA, P. Magnus.

Sur : *Aspidium spinulosum*, Sw. — Bois entre la Fontaine-Froide et les éboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 1er août 1909, uredos.

## Genre **Uredinopsis**, Magnus.

UREDINOPSIS FILICINA, Magnus.

Sur : *Phegopteris vulgaris*, Metten. — Bois entre la Cornée et le Bois de Vaux sur le Brazel dans la vallée de la Brévine. 25 juillet 1909, uredos.

## Genre **Melampsora**, Cast.

MELAMPSORA EVONYMI-CAPREARUM, Klebahn.

Sur : *Evonymus europæus*, L. — Cæoma. Saint-Blaise. Mai 1872 et juin 1878. (Herb. Morthier.) — Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 7 juin 1908.

Sur : *Salix cinerea*, L. — Uredos. Fossé près du lac de Saint-Blaise. 4 septembre 1909 ; à la même place, le 23 mai, j'ai trouvé un petit buisson d'*Evonymus* malade. *Salix cinerea* est à côté et sous un pied d'*Evonymus* entièrement attaqué au printemps ; à ce même endroit se trouve aussi *Salix purpurea* absolument indemne, quant à *Salix Caprea* il n'existe pas à cette station.

On rencontre dans le canton de Neuchâtel une série de saules attaqués par des *Melampsores* et qui autrefois rentraient dans *Melampsora salicina* (catalogue et herb. Morthier), actuellement divisé en un certain nombre d'espèces différentes, à la suite d'expériences. Ne pouvant avec certitude placer dans telle ou telle espèce les *Salix* trouvés malades chez nous, je me contenterai, pour le moment, d'indiquer ceux qui ont été trouvés attaqués.

*Salix ambigua*, Ehrh. — Marais des Ponts, en août et septembre.

*Salix aurita*, L. — Marais des Ponts, en août et septembre.

*Salix Caprea*, L. — Partout du bord du lac à la montagne, de juillet à octobre.

*Salix cinerea*, L. — Marais des Ponts, en août et septembre.

*Salix grandifolia*, L. — Rochers de Chasseral, versant nord. 29 août 1909.

*Salix repens*, L. — Marais des Ponts, en août et septembre.

*Salix retusa*, L. — Rochers de Chasseral, versant nord. 29 août 1909 et rochers de Tête-de-Rang, versant nord. 19 septembre 1909.

*Salix viminalis*, L. — Fréquent dans le vignoble de juillet à septembre ; probablement *Melampsora Ribesii-viminalis*, Klebahn.

Enfin, il a été trouvé sur *Ribes alpinum* un cæoma dont les uredos et téleutospores se développent sur les saules mais qui, pour le moment, ne peut être rattaché avec certitude à une des espèces de ce groupe. Ce *Ribes* a été rencontré malade par M. le professeur Ed. Fischer, le long du sentier de Noiraigue au Soliat, Creux-du-Van, le 5 juillet 1903 (Uréd. de la Suisse) et par moi-même le 6 juin 1909, le long du sentier de Rochefort à Tablette.

### Melampsora Rostrupii, Wagner

Sur : *Mercurialis perennis*, L. — Cæoma. Catalogue, sous le nom de *Cæoma mercurialis*, Tul. Corcelles. Mai 1869 et Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. Mai 1862. (Herb. Morthier.) — Uréd. de la Suisse : bois, la Jonchère, Val-de-Ruz. 11 juin 1899 (Herb. Mayor) et sentier de Rochefort à Tablette. 6 juin 1900. (Ed. Fischer.) — Bois près du Chanet sur Neuchâtel. 1er juin 1908. — Bois derrière la gare de Chambrelien. 14 juin 1908. — Bois au-dessus de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 1er juin 1909. — Bois entre les pâturages de la Tourne et Plamboz dans la vallée des Ponts. 6 juin 1909. — Bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 20 juin 1909.

On rencontre très fréquemment nos peupliers malades, mais, comme pour les saules, l'ancienne espèce *Melampsora populina* (catalogue et herb. Morthier) a été scindée en un assez grand nombre de nouvelles, de sorte que, sans expériences, il est très difficile, même impossible, de définir exactement en présence de laquelle de ces espèces on se trouve. *Populus alba* est fréquemment attaqué au bord du lac, de juin à octobre (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor), ainsi que *Populus nigra* aux mêmes stations. *Populus tremula* est malade à peu près partout où se développe le phanérogame, depuis le bord du lac à la montagne, de juin à octobre. (Herb. Morthier.)

### Melampsora Hypericorum (DC.), Schröter.

Catalogue : *Cæoma hypericorum*, Schlecht., sur les *Hypericum*.

Sur : *Hypericum montanum*, L. — Uredos. Herbier Morthier, sans indication de date, ni de localité, mais provenant très probablement du canton. Commun dans les bois au-dessus de Neuchâtel : Pierre-à-Bot, Pertuis-du-Soc, Tête-Plumée et Bois de l'hôpital ; de juillet à septembre. — Bois entre les Geneveys-sur-Coffrane et le Mont-Racine. 19 septembre 1909.

Sur : *Hypericum perforatum*, L. — Uredos. Creuse sur Dombresson. 1862. (Herb. Morthier.)

Sur : *Hypericum Richeri*, Vill. — Le Brazel, vallée de la Brévine. 16 juillet 1905. (Ed. Fischer, *Bulletin*, t. XVII, 1908.)

### Melampsora Lini (Pers.), Dsm.

Sur : *Linum catharticum*, L. — Catalogue. Vaudijon près Colombier et Savagnier, Val-de-Ruz. (Herb. Morthier.) — Dombresson, été 1900, uredos. — Assez répandu dans les champs du vignoble ; de juillet à septembre, uredos et téleutospores. — Eboulis derrière la source de la Noiraigue. 20 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Pâturages du Creux-du-Van. 1er août 1909, uredos et téleutospores.

### Melampsora Helioscopiæ (Pers.), Winter.

Sur : *Euphorbia Helioscopia*, L. — Commun dans les champs et les jardins du vignoble, d'août à octobre, uredos et téleutospores. — Champs à Lignières. 9 octobre 1909, uredos et téleutospores. Ce parasite se rencontre aussi fréquemment au Val-de-Ruz, au Val-de-Travers et fort probablement ailleurs encore.

### Melampsora Cyparissiæ, W. Müller.

Sur : *Euphorbia Cyparissias*, L. — (F. sp. *M. Euphorbiæ cyparissiæ*.) Bois, Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 11 juillet 1900 (Uréd. de la Suisse : herb. Mayor) et 16 septembre 1907, uredos. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 30 juillet 1909, uredos. — Sentier du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 20 septembre 1909, uredos.

Sur : *Euphorbia exigua*, L. — (F. sp. *M. Euphorbiæ exiguæ*.) Chemin de Savagnier, Val-de-Ruz. Octobre 1861, uredos et téleutospores. (Herb. Morthier.) — Commun dans les champs

de toute la région du vignoble; de septembre à octobre, uredos et téleutospores. Doit être aussi fréquent dans les autres parties du canton.

Sur : *Euphorbia Peplus*, L. — (F. sp. *M. Euphorbiæ Pepli.*) Commun dans les jardins et jardins potagers à Neuchâtel et à Saint-Blaise; en septembre et octobre, uredos. Ce parasite doit certainement se rencontrer fréquemment ailleurs encore.

Sur : *Euphorbia verrucosa,* Lam. — Bois et pâturages boisés entre Pertuis sur Dombresson et les Loges sur les Hauts-Geneveys. 15 août 1909, uredos.

MELAMPSORA EUPHORBIÆ DULCIS, Otth.

Sur : *Euphorbia dulcis,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame; cæoma en mai et juin, uredos et téleutospores de juin à octobre. (Herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : herb. Mayor.)

MELAMPSORA GELMI, Bresad.?

Sur : *Euphorbia amygdaloides,* L. — Au-dessus de Dombresson et Savagnier, Val-de-Ruz. Avril et 5 mai 1861 (Herb. Morthier; Notes); bois de Peseux. 1863. (Herb. Morthier.) — Près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel, uredos. 14 juin, 20 juillet et octobre 1905. (*Bulletin,* t. XVIII, 1909.) — Bois entre le Pertuis-du-Soc et la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel, le long du sentier sur la canalisation des eaux d'Hauterive; je n'ai vu que les uredospores de septembre jusqu'au milieu de novembre, au moment de la chute des feuilles.

On trouve dans le catalogue de Morthier : *Melampsora euphorbiæ,* Tul., sur les Euphorbes; cette ancienne espèce, comme on vient de le voir, a été divisée en un certain nombre de nouvelles, à la suite d'expériences.

## Genre **Melampsoridium,** Klebahn.

MELAMPSORIDIUM BETULINUM (Pers.), Klebahn.

Catalogue : *Melampsora betulina,* Tul., sur les feuilles de bouleau.

Sur : *Betula nana,* L. — Marais des Ponts près de Plamboz. 20 septembre 1908 (Notes) et août 1909, uredos et téleutospores.

Sur : *Betula pubescens,* Ehrh. — Tourbière de la Joux-du-Plâne sur Dombresson. (Herb. Morthier.) — Marais des Ponts

près de Plamboz et Combe-Varin. 20 septembre 1908, uredos et téleutospores.

Sur : *Betula verrucosa,* Ehrh. — Marais des Ponts près de Plamboz et Combe-Varin. 20 septembre 1908, uredos et téleutospores. — Bois au bas des éboulis des rochers du Creux-du-Van. 1er août 1909, uredos. — Bord du lac à Colombier. 10 août 1909, uredos.

### Genre **Melampsorella,** Schrœt.

MELAMPSORELLA CARYOPHILLACEARUM (DC.), Schrœt.

Sur : *Albies pectinata,* DC. — Æcidies. Catalogue, sous le nom de *Peridermium elatinum,* Kze. et Sch. Assez commun dans tous les bois, jusqu'aux sommités du Jura; de juin à août. (Herb. Morthier et Uréd. de la Suisse : Morthier et herb. Otth.) Les æcidies forment, sur le sapin blanc, ces balais de sorcières si caractéristiques et pouvant parfois atteindre des dimensions très considérables.

Sur : *Malachium aquaticum,* Fr. — Bord du lac à Auvernier. 10 août 1909, uredos.

Sur : *Stellaria graminea,* L. — Champs près du stand de Corcelles. 1er juillet 1909, uredos.

MELAMPSORELLA BLECHNI, Sydow.

Sur : *Blechnum Spicant,* Sm. — Bois humides entre la Cornée et le Bois de Vaux sur le Brazel dans la vallée de la Brévine. 25 juin 1908, uredos. — Marais des Saignolis (Pouillerel) près de La Chaux-de-Fonds. 5 septembre 1909, uredos.

MELAMPSORELLA DIETELIANA, Sydow.

Sur : *Polypodium vulgare,* L. — Bois de l'Hôpital. 27 juillet. — Bois entre les prés de Pierre-à-Bot et la route de Chaumont. 11 août et bois rocheux derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 5 novembre 1909. Je n'ai encore vu que la forme uredosporée. A la dernière des stations indiquées, il existe un centre d'infection très considérable, alors qu'aux deux autres localités je n'ai trouvé qu'une plante ou deux attaquées.

## Æcidium.

ÆCIDIUM HELLEBORI, Ed. Fischer.

Sur : *Helleborus fœtidus,* L. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 28 juillet 1861, herb. Morthier. (Notes et *Bulletin,* t. XVIII, 1909.)

### Æcidium Ranunculacearum, DC.

Sur: *Ranunculus aconitifolius* et *platanifolius* (voir à *Uromyces Dactylidis*).

### Æcidium Rhamni, Gmelin.

Sur: *Rhamnus alpina,* L. — Uréd. de la Suisse: Jura, Morthier (Fuckel, p. 60); Côte de Noiraigue. 6 juin 1869. (Herb. Morthier); Rochefort. 2 juillet 1876 (B. Jacob) et Creux-du-Van. 5 juillet 1903. (Ed. Fischer.) — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 16 juillet 1903 et revu ensuite chaque année très abondamment. — Rochers de La Tourne et Tablette. 14 juin 1908 et 6 juin 1909. — Roches de Chatollion près Saint-Blaise. 5 juin 1909. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 20 juin 1909. — Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 28 juin 1909.

### Æcidium Euphorbiæ, Gmelin.

Sur: *Euphorbia verrucosa,* Lam. — Très commun dans tous les pâturages et hauts pâturages du Jura; descend aussi dans le Val-de-Travers et le Val-de-Ruz; en juin et juillet. (Uréd. de la Suisse: herb. Morthier et herb. Mayor.)

### Æcidium Phyteumatis, Unger.

Sur: *Phyteuma orbiculare* (voir à *Uromyces Caricis sempervirentis*).

### Æcidium Senecionis, Ed. Fischer.

Sur: *Senecia Jacobæa,* L. — Uréd. de la Suisse: Auvernier, au bord du lac. 10 mai 1899. (Herb. Mayor.) — Bord du lac à Auvernier et Colombier. Juin 1904 et revu ensuite chaque année. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 11 juin 1904.

## Uredo.

### Uredo Murariæ, P. Magnus.

Sur: *Asplenium Ruta muraria*, L. — Très commun partout sur les murs et les rochers depuis le bord du lac jusqu'aux rochers des sommets du Jura. (Mont-Racine et Chasseral, par exemple.) Se rencontre à peu près toute l'année, sauf au printemps; on le trouve même pendant tout l'hiver dans le vignoble.

# ERYSIPHACÉES

Les Erysiphacées constituent une petite famille des Asconycètes qui, depuis de nombreuses années, a attiré tout spécialement mon attention. Ces champignons sont plus connus sous le nom d'*Oidium*, qui s'applique d'une manière générale à la forme conidienne. Dans le langage courant on les appelle aussi meunier ou blanc : c'est ainsi que les jardiniers parlent du blanc ou du meunier des rosiers, des chrysanthèmes, etc., et que les forestiers parlent du blanc du chêne. L'espèce la plus connue est sans aucun doute le trop célèbre *Oidium* de la vigne, ce dangereux parasite de tous les pays de vignobles. Le terme de blanc ou meunier exprime d'ailleurs fort bien l'aspect que prennent les végétaux attaqués; ceux-ci, en effet, se recouvrent plus ou moins d'une poussière blanchâtre formée par le *mycelium*, qui donne à la plante un facies tout spécial, poussière qui souvent aussi prend un aspect farineux très caractéristique.

Ce groupe de champignons est représenté dans l'herbier Morthier et dans son catalogue par un assez grand nombre d'espèces et de supports phanérogamiques différents, matériaux ayant été utilisés par Jaczewski pour sa *Monographie des Erysiphées de la Suisse*[1]. Depuis 1898 et en particulier en 1908 et 1909, j'ai eu l'occasion de compléter considérablement les indications que nous possédions sur cette intéressante famille soit en trouvant un assez grand nombre de supports nouveaux pour notre flore, soit en faisant des observations sur la plus ou moins grande fréquence de ces parasites dans notre canton.

Comme on pourra s'en rendre compte en parcourant la liste qui va suivre, le canton de Neuchâtel, comme d'ailleurs toute la Suisse occidentale, est excessivement riche en Erysiphacées, puisque presque toutes les espèces européennes ont été rencontrées plus ou moins fréquemment et quelques-unes sur un très grand nombre de phanérogames. Tous les genres de cette famille sont représentés chez nous; on y rencontre 25 espèces s'attaquant à plus de 200 hôtes différents.

Ces champignons se trouvent au bord du lac aussi bien qu'à la montagne et jusqu'aux plus hauts sommets de notre Jura. Ils se développent au commencement de l'été, pour

[1] *Monographie des Erysiphées de la Suisse*, par A. Jaczewski. *Bulletin* de l'herbier Boissier, 4me année, novembre 1896, p. 721 à 755.

atteindre leur maximum de fréquence en août et surtout en septembre. Leur apparition relativement tardive explique pourquoi les plantes printanières sont généralement indemnes et tout particulièrement celles qui en juin déjà perdent leurs feuilles.

Comme dans un travail antérieur sur le même sujet[1], j'adopterai, pour la nomenclature, celle de Salmon[2].

Les supports phanérogamiques qui ne sont accompagnés d'aucune indication de localité sont ceux sur lesquels le parasite est si commun qu'il est absolument superflu et inutile d'indiquer toute une série de stations.

Je mentionne également tout ce qui se trouve dans l'herbier cryptogamique de Morthier et se rapporte au canton de Neuchâtel en mettant l'annotation : Herb. Morthier. Cette remarque après un support phanérogamique non accompagné de localité, signifie qu'il y a dans l'herbier Morthier des échantillons de provenance neuchâteloise.

Le mot Catalogue qu'on rencontrera fréquemment est une abréviation pour indiquer que l'espèce en question est mentionnée dans le *Catalogue des champignons du canton de Neuchâtel*, par Morthier et Favre.

Pour indiquer qu'une espèce ou un support se trouve dans la *Monographie des Erysiphées de la Suisse,* par Jaczewski, je ne mentionnerai que le nom de l'auteur du travail et je ferai de même pour les supports neuchâtelois que j'ai déjà cité dans ma *Contribution à l'étude des Erysiphées de la Suisse.*

## Genre **Podosphæra,** Kunze.

### Podosphæra Oxyacanthæ (DC.), De Bary.

Catalogue : *Podosphæra Kunzei,* Lév., sur les myrtilles, le sorbier, etc.

Jaczewski : *Podosphæra Oxyacanthæ*, De Bary, et *myrtillina*, Kunze.

Sur : *Cydonia vulgaris,* Pers. — Commun dans les jardins de Neuchâtel et des environs ; je ne l'ai pas constaté ailleurs, mais doit se rencontrer vraisemblablement partout où pousse le cognassier. Se développe à la fin de septembre et surtout en octobre.

[1] Eug. Mayor. « Contribution à l'étude des Erysiphées de la Suisse.» *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXV, 1908.

[2] « Monograph of the Erysiphaceæ, by Ernest-S. Salmon. *Memoirs of the Torrey Botanical Club*, vol. IX, New-York 1900.

Sur : *Mespilus Monogyna,* Jacq. — Bois, Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 9 septembre 1908. — Sentier du Plan sur Neuchâtel à Fenin, près des Trois-Bornes. 14 septembre 1908. — Haie entre Pierre-à-Bot-Dessous et les bois de Maujobia sur Neuchâtel. 21 août 1909.

Sur : *Mespilus Oxyacantha,* Gärtn. — Haie entre Pierre-à-Bot-Dessous et les bois de Maujobia sur Neuchâtel. 21 août 1909.

Sur : *Pirus communis,* L. — Haie entre Pierre-à-Bot-Dessous et les bois de Maujobia sur Neuchâtel. 21 août 1909. Je place ici un *oidium* trouvé seulement sous sa forme conidienne; n'ayant pu constater sa forme ascosporée, il ne m'est pas possible de lui assigner une place avec toute certitude. L'examen du *mycelium* et l'aspect en général de ce champignon me font le rattacher au genre *Podosphæra* et fort probablement à l'espèce *Oxyacanthæ,* cependant il se pourrait aussi que ce soit *Podosphæra leucotricha* (Ell. et Everh.). Seule la présence des asques et spores lèverait toutes les hésitations, mais à la fin d'octobre, au moment de la chute des feuilles, on ne constatait toujours qu'un *mycelium* très peu développé et à peine apparent, sans périthèces.

Sur : *Sorbus aucuparia,* L. — Commun dans les bois de toute la pente sud de Chaumont, d'août à fin octobre. Je l'ai récolté en outre à Combe-Varin, vallée des Ponts. 20 septembre 1908, et dans les bois de Peseux et de Serroue sur Corcelles le 23 octobre 1909. — Dombresson. 1864 (Herb. Morthier) et d'après Jaczewski : Morthier, Neuchâtel.

Sur : *Vaccinium Myrtillus,* L. — Bois au Sapet sur Dombresson. Septembre 1863. (Herb. Morthier.) Jaczewski : Morthier, Jura neuchâtelois. — Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 27 août 1908. — Bois du Chanet près de Neuchâtel. 28 août 1908.

### Podosphæra Oxyacanthæ (DC.), De Bary.
### var. tridactyla (Wallr.).

Sur : *Prunus spinosa,* L. — D'après Jaczewski : Morthier, Jura neuchâtelois. Dans l'herbier Morthier, je n'ai retrouvé aucun échantillon provenant du canton. — Bois de Maujobia sur Neuchâtel. 16 septembre 1908. — Lisières de bois à Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 20 septembre 1909. — Bois entre Savagnier et Fenin, Val-de-Ruz. 29 août 1909.

Sur : *Prunus insititia,* L. — Haies et murs entre La Coudre et la marnière d'Hauterive. 6 novembre 1909.

## Genre **Sphærotheca**, Léveillé.

### Sphærotheca Humuli (DC.), Burr.

Le catalogue de Morthier, pour cette espèce et sa variété *fuliginea* (Schlecht.), indique : *Sphærotheca Castagnei,* Lév., sur l'*Alchemilla vulgaris,* les séneçons, etc.

Sur : *Adenostyles albifrons*, Rchb. — Commun dans les bois du Jura, en août, septembre et octobre.

Sur : *Alchimilla Hoppeana,* Rchb. — Rochers (versant nord) de l'arête de Chasseral. 9 octobre 1909.

Sur : *Alchimilla vulgaris,* auct. — Très commun dans le Jura, dans les pâturages et les bois, de juin à octobre. (Herb. Morthier, Jaczewski et Eug. Mayor.) Je l'ai rencontré dans les bois de Peseux le 27 août 1908 et Morthier au-dessus de Corcelles, stations les plus basses où il a été constaté.

Sur : *Arabis alpina,* L. — Chasseral. (Herb. Morthier et Jaczewski.) — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 23 août 1908. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909.

Sur : *Cucurbita.* — D'après Jaczewski : Morthier, Corcelles. Dans l'herbier Morthier je n'ai pas trouvé d'*oidium* sur *Cucurbita,* mais par contre sur *Cucumis* à Corcelles, en septembre 1865.

Jaczewski rattache à *Sphærotheca Humuli* les échantillons de Morthier. De mon côté, j'ai constaté très fréquemment en septembre, dans les jardins, un *Oidium* sur *Cucurbita Pepo,* L. et *Cucumis sativus,* L., mais toujours sous sa forme conidienne. Or, comme on indique aussi *Erysiphe Polygoni* sur les mêmes supports, en l'absence des asques et spores, il ne m'est pas possible de trancher la question d'une manière définitive. La même question se pose également pour les exemplaires de l'herbier Morthier qui n'ont pas non plus de périthèces.

Sur : *Geranium dissectum,* L. — D'après Jaczewski : Morthier, Corcelles. Je n'ai pas retrouvé d'échantillons neuchâtelois dans l'herbier Morthier.

Sur : *Humulus Lupulus,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame, de juillet à octobre.

Sur : *Lampsana communis,* L. — Jardins, Plan sur Neuchâtel. 29 septembre 1909. — Décombres à Cortaillod. 28 août 1909. — Assez commun au bord des chemins dans le vignoble, d'août à octobre.

Sur : *Sanguisorba dictyocarpa,* Spach. — Bords de chemins :

Pertuis-du-Soc et Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 29 septembre et 20 octobre 1908. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1909. — Roches de Chatollion sur Saint-Blaise. 16 octobre 1909.

Sur : *Sanguisorba officinalis,* L. — Prés, les Cernets sur les Verrières. 3 août 1899. (Eug. Mayor.) — Champs près du lac de Saint-Blaise. 28 septembre 1908. — Prés, marais de Lignières. 9 octobre 1909.

Sur : *Sorbus Aria,* Crantz. — Haie, Signal de Chaumont. 19 septembre 1908. — Bois au-dessus de l'Abbaye de Fontaine-André près Neuchâtel. 16 octobre 1908. — Chemin de la Roche-de-l'Ermitage à La Coudre, Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 20 octobre 1908. — Bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 15 octobre 1909.

Sur : *Sorbus latifolia,* Pers. — Bois, ancienne route de Chaumont, entre la Roche-de-l'Ermitage et la maison du garde-forestier. 3 septembre 1908.

Sur : *Spiræa Ulmaria,* L. — Bord du lac à Auvernier. 11 juillet 1908. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909.

Sur : *Veronica Chamædrys,* L. — Commun dans les bois du vignoble à la montagne ; se développe de juillet à octobre. (Eug. Mayor.) Herbier Morthier, sans indication de date, ni de localité, mais provenant probablement du canton.

Sur : *Veronica urticifolia,* L. — Bois entre les gorges de l'Areuse et les pâturages de Treymont sur Champ-du-Moulin. 28 juin 1908.

Sur : *Viola tricolor,* L. — Champ entre Epagnier et la Thielle. 10 octobre 1908.

### Sphærotheca Humuli (DC.), Burr.
### var. fuliginea (Schlecht.).

Sur : *Crepis blattarioides,* Vill. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 23 août 1908. — Eboulis de la Roche-aux-Crocs près de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909.

Sur : *Crepis paludosa,* Mönch. — Bois entre les pâturages du Creux-du-Van et de la montagne de Boudry. 23 août 1908. — Marais de la Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909.

Sur : *Crepis virens,* Vill. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1909.

Sur : *Crepis succisifolia,* Tausch. — Pâturages au pied des rochers de l'arête de Chasseral (versant nord). 29 août 1909.

Sur : *Erigeron canadensis,* L. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1909.

Sur : *Euphrasia officinalis,* L. — Herbier Morthier, sans indication de date, ni de localité ; d'après Jaczewski proviendrait de Corcelles.

Sur : *Leontodon hispidus,* L. — Champs entre l'Abbaye de Bevaix et la tuilerie de Cortaillod. 28 août 1909.

Sur : *Melampyrum cristatum*, L. — Commun aux environs de Neuchâtel en août et septembre : Valangines, Maujobia, Pierre-à-Bot, Crêt du Plan, Pertuis-du-Soc, Roche-de-l'Ermitage, Bois de l'Hôpital, le Mail, chemin de la Chatelainie jusqu'au-dessus d'Hauterive. — Bois entre Fenin et Villiers, Val-de-Ruz. 29 août 1909. — Herbier Morthier, sans indication de date, ni de localité, mais provenant probablement du canton.

Sur : *Melampyrum pratense,* L. — Commun dans les bois de toute la pente sud de Chaumont, en août et septembre. — Bois près de Crostant, le Villaret et la Prise-Imer sur Corcelles. 11 septembre 1909.

Sur : *Melampyrum silvaticum,* L. — Assez commun dans les bois du Jura (Creux-du-Van, Montagne de Boudry, Tête-de-Rang, Mont-Racine, etc.), en août et septembre. Se rencontre aussi plus bas, car on le trouve dans l'herbier Morthier provenant de Corcelles, en août 1863. D'après Jaczewski, sur *Melampyrum,* sans indiquer l'espèce, à Corcelles ; il s'agit vraisemblablement de *M. silvaticum.*

Sur : *Plantago lanceolata,* L. — Assez commun en août et septembre dans les décombres et au bord des chemins ; je ne l'ai rencontré que dans le vignoble.

Sur : *Pulicaria dysenterica,* Gärtn. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1908 et 1909.

Sur : *Saxifraga rotundifolia,* L. — Creux-du-Van. 1er octobre 1867. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Senecio Fuchsii,* Gmel. — Commun dans les bois du Jura, du mois d'août jusqu'en octobre. (Herb. Morthier.) D'après Jaczewski, à Corcelles ; je n'ai pas retrouvé dans l'herbier Morthier des échantillons de cette station.

Sur : *Taraxacum officinale,* Web. — Commun dans les prés et les champs, au bord des chemins, à la lisière des bois et dans les clairières de forêts, depuis le bord du lac à la montagne. Se développe de juillet à octobre.

### Sphærotheca pannosa (Wallr.), Lév.

Morthier indique cette espèce sur les rosiers, sans donner de plus amples renseignements, et Jaczewski ne précise pas davantage.

Sur les *Rosiers cultivés.* — Très commun dans les jardins à partir du mois d'août jusqu'à l'arrière-automne. Il ne s'attaque pas à toutes les variétés, mais à un certain nombre seulement; c'est ce que les jardiniers appellent le blanc ou meunier des rosiers. (Eug. Mayor.)

Sur : *Rosa alpina,* L. — Bois en dessous du Petit-Hôtel de Chaumont. 19 septembre 1908.

Sur : *Rosa arvensis*, Huds. — Bois, Sarroyer sur Dombresson. Octobre 1866. (Herb. Morthier et Jaczewski.) — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 11 juillet 1900 (Eug. Mayor) et 19 août 1908. — Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 21 août 1909.

Sur : *Rosa canina*, L. — Bords du lac aux Saars près Neuchâtel. 21 août 1908.

Sur : *Rosa glauca*, Vill. — Bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 19 septembre 1909.

Sur : *Rosa spinosissima*, L. — Sentier C. A. S. du Plan sur Neuchâtel à Chaumont. 20 juin 1908. — Taillis derrière l'école de Chaumont. 19 septembre 1908.

Sur : *Rosa tomentosa*, Sm. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 17 juin 1908. — Sentier C. A. S. du Plan sur Neuchâtel à Chaumont. 19 septembre 1908.

### Spilærotheca Euphorbiæ (Cast.), Salmon.

Sur : *Euphorbia dulcis*, L. — Assez commun partout dans les bois où se développe le phanérogame, de juin à septembre. (Eug. Mayor.)

Sur : *Euphorbia verrucosa*, Lam. — Commun dans tous les pâturages du Jura, de juin à septembre. (Eug. Mayor.)

## Genre **Uncinula,** Léveillé.

### Uncinula Salicis (DC.), Winter.

Le catalogue de Morthier indique : *Uncinula adunca*, Lév., sur les feuilles de saules et peupliers.

Sur : *Populus italica*, Mönch. — Jardin anglais à Neuchâtel. 19 novembre 1898. (Eug. Mayor.) Se rencontre chaque année de septembre à l'arrière-automne à la même station.

Sur : *Populus nigra*, L. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Populus tremula*, L. — Commun dans les haies, les taillis, les lisières de bois et les forêts aux environs de Neuchâtel, Peseux, Corcelles, Auvernier (août 1863 : herb. Mor-

thier et Jaczewski) et Colombier; se développe d'août à octobre.

Sur : *Salix Caprea*, L. — Cotendart sur Bôle. Août 1863 et gorges du Seyon près Neuchâtel. Septembre 1863. (Herb. Morthier et Jaczewski.) — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 5 décembre 1908. (Eug. Mayor.) — Bois près de l'asile de Pontareuse sur Boudry. 23 août 1908. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Salix purpurea*, L. — Bord du lac à Marin. 9 décembre 1898. (Eug. Mayor.) — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 31 octobre 1908 et 7 octobre 1909.

Sur : *Salix sp.* (Probablement *Salix pentandra.*) — Bord du lac à Auvernier et à Cortaillod. 1er et 5 décembre 1898. (Eug. Mayor.)

### Uncinula Aceris (DC.), Sacc.

Le catalogue de Morthier indique : *Uncinula bicornis*, Lév., sur les feuilles d'érables.

Sur : *Acer campestre*, L. — Très commun partout dans les haies, les taillis, les lisières de bois et les forêts du vignoble à la montagne. Apparaît déjà en juillet, mais surtout à partir d'août jusqu'à l'arrière-automne. (Herb. Morthier, Jaczewski et Eug. Mayor.)

Sur : *Acer Opulifolium*, Vill. — Chanet sur Neuchâtel. (Herb. Morthier.) — Bois au-dessous du Petit-Hôtel de Chaumont. 19 septembre 1908. — Bois, sentier du Plan sur Neuchâtel à Fenin, près des Trois-Bornes. 3 octobre 1908. — Chemin de la Défilée, près de Tête-Plumée sur Neuchâtel. 16 octobre 1908.

Sur : *Acer Pseudoplatanus*, L. — Assez commun dans les bois de la plaine à la montagne. Très commun dans les jardins et les promenades; le long de la route du bord du lac de Neuchâtel à Serrières, tous les arbres, chaque année, sont entièrement envahis et recouverts d'une farine blanchâtre très caractéristique. Se développe de juillet à octobre.

### Uncinula Aceris (DC.), Sacc.
### var. Tulasnei (Fckel.).

Sur : *Acer platanoides*, L. — Côti sur Dombresson (Herb. Morthier), sous le nom de *Uncinula bicornis*, sur *Acer Pseudoplatanus*. Après examen, le support est non *Acer Pseudoplatanus* mais *A. platanoides*, et l'espèce cryptogamique *Uncinula Tulasnei* et non *Aceris*. — Jardins au Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 10 septembre 1898. (Eug. Mayor.) — Sentier de Rochefort à Tablette. 19 août 1909. — Bois, Chaumont. 16 octobre 1909.

UNCINULA PRUNASTRI (DC.), Sacc.

Sur : *Prunus spinosa*, L. — Au-dessus de Chézard, Val-de-Ruz. Septembre 1863. (Herb. Morthier, sous le nom de *Uncinula Wallrothii*, Lév. et Jaczewzki.) — Bois, Maujobia. 6 septembre; Pertuis-du-Soc. 14 septembre et Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 19 septembre 1908. — Bois entre Fenin et Villiers. Val-de-Ruz. 29 août 1909. — Marais de Lignières. 9 octobre 1909.

UNCINULA NECATOR (Schwein.), Burr.

Sur : *Vitis vinifera*, L. — Plus ou moins abondant suivant les années dans tout le vignoble; se développe surtout en été. (Catalogue, sous le nom de *Erysiphe Tukeri*, Tul.; ne se retrouve pas dans l'herbier Morthier. Eug. Mayor.) Ce parasite est le redoutable *Oidium* de la vigne, qui cause souvent des dégâts très considérables. Il ne m'a pas encore été possible de mettre la main sur la forme ascosporée et, à ma connaissance, elle n'a pas non plus été constatée jusqu'à maintenant en Suisse, où on doit cependant la trouver.

## Genre **Microsphæra**, Léveillé.

MICROSPHÆRA BERBERIS (DC.), Lév.

Sur : *Berberis vulgaris*, L. — Clémesin sur Dombresson. Juillet 1863 et Rochefort. Septembre 1864. (Herb. Morthier et catalogue, sous le nom de *Calocladia berberidis*, Lév.; Jaczewski.) — Haie, Pierre-à-Bot-Dessous. 21 août 1909. J'ai en outre rencontré ce parasite par-ci par-là dans les bois de la pente sud de Chaumont en septembre et octobre 1909. — Jardin Desor à Neuchâtel. 26 octobre 1909.

MICROSPHÆRA EVONYMI (DC.), Sacc.

Sur : *Evonymus europæus*, L. — Assez commun dans les haies, à la lisière des bois et dans les forêts peu touffues; à partir du mois d'août jusqu'à l'arrière-automne. Je ne l'ai constaté, ainsi que Morthier, que dans le vignoble. (Herb. Morthier et catalogue, sous le nom de *Calocladia comata*, Lév.; Jaczewski et Eug. Mayor.)

MICROSPHÆRA ASTRAGALI (DC.), Trev.

Sur : *Astragalus glycyphyllus*, L. — Peseux. Août 1863 et Moulin de Villiers, Val-de-Ruz. Août 1863. (Herb. Morthier

et catalogue, sous le nom de *Calocladia holosericea*, Lév.; Jaczewski.) — Bord de chemins entre La Coudre et la marnière d'Hauterive. 6 novembre 1909.

MICROSPHÆRA ALNI (Wallr.).

Sur : *Alnus glutinosa*, Gärtn. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 10 octobre 1908 et bord de la Thielle entre Préfargier et Thielle. 31 octobre 1908.

Sur : *Alnus incana*, Dec. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 10 octobre 1908 et bord de la Thielle entre Préfargier et Thielle. 31 octobre 1908.

Sur : *Fagus silvatica*, L. — Bois près de la carrière de Pierre-à-Bot sur Neuchâtel, le long de la conduite électrique longeant les gorges du Seyon. 16 septembre 1908. — Clairière de bois entre Chambrelien et Rochefort. 19 août 1909. — Valangines sur Neuchâtel, le long de la conduite électrique. 20 août 1909. — Haies entre Villiers et Sur-Roches, Val-de-Ruz. 29 août 1909. — Clairière de bois, pente sud de Chaumont au bas du chemin de la Grande-Côte sur La Coudre. 9 septembre 1909. — Haut de la tranchée du funiculaire de Chaumont. 16 octobre 1909.

Je place ici un *oidium* que je n'ai encore vu que sous sa forme conidienne et qui n'a d'ailleurs, à ma connaissance, encore été rencontré nulle part sous sa forme ascosporée. Cet intéressant champignon est apparu pour la première fois chez nous en 1908[1], où je ne l'ai rencontré qu'à une seule station. Dans le courant de 1909, je l'ai constaté à cinq nouvelles stations, ce qui indique bien qu'il tend à se propager. Il serait fort intéressant de savoir ce qu'on a observé à ce sujet dans le reste de la Suisse où certainement on doit aussi rencontrer cet *oidium* plus ou moins abondamment. Chose curieuse, ce parasite a fait sa première apparition en même temps, la même année, que l'*Oidium quercinum;* mais alors que ce dernier s'est propagé avec une extrême rapidité, l'autre semble s'introduire beaucoup plus lentement. Sur le hêtre, en effet, je n'ai constaté la maladie que dans les tranchées, les clairières récentes et les haies récemment coupées; c'est dire qu'il ne s'attaque qu'aux jeunes repousses de l'année. Je ne l'ai jamais vu sur des taillis, des buissons ou de grands arbres. L'aspect du *mycelium* rappelle beaucoup celui du blanc du chêne, avec cette seule différence qu'il est beaucoup moins

[1] EUG. MAYOR. « Notes mycologiques », *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXVI, 1909.

abondant, qu'il est plus discret et attire moins l'attention. En l'absence des périthèces, asques et spores qui seuls permettront une détermination rigoureuse, je place cet *Oidium*, très voisin de celui du chêne, dans l'espèce *Microsphæra Alni*, sans vouloir prétendre par là qu'il s'agisse sûrement de cette espèce qui est indiquée dans la *Monographie* de SALMON sur deux *Fagus*, mais pas sur *Fagus silvatica*.

Sur : *Quercus pedunculata*, Ehrh. — Commun à tous les endroits où se développe le phanérogame qui, dans le canton, est assez peu répandu. A partir de juillet jusqu'à l'arrière-automne.

Sur : *Quercus sessiliflora*, Salisb. — Très commun partout où se développe le phanérogame, de juin à l'arrière-automne. Se rencontre depuis le bord du lac jusqu'à la limite supérieure permettant le développement du chêne. Je place dans l'espèce *Microsphæra Alni* le blanc de nos deux chênes pour me rattacher à l'opinion la plus adoptée et qui d'ailleurs, pour le moment, paraît aussi la plus justifiée[1]. Malheureusement, actuellement encore, vu l'absence de la forme ascosporée, nous ne sommes pas exactement renseignés sur l'identité de cet *Oidium*, de sorte que nous sommes toujours, pour ce qui concerne la question d'espèce, dans le domaine de l'hypothèse. Dans le courant de l'année 1909, l'invasion de ce nouveau parasite s'est encore accentuée et, dans notre canton, il se trouve maintenant absolument partout et abondamment représenté. Sur *Quercus sessiliflora*, comme en 1908, il reste localisé sur les taillis et les buissons, ne s'attaquant pas aux grands pieds. Il n'en est plus de même sur *Quercus pedunculata* qui, chez nous du moins, semble être plus sensible à l'infection. En effet, aux environs de Thielle et surtout entre le village et le pont sur la rivière, j'ai pu constater que de nombreuses plantes de très haute taille étaient complètement envahies par cet *Oidium* et prenaient de ce fait un aspect tout spécial. Il ne semble pas cependant que les arbres attaqués aient beaucoup à en souffrir, mais si le même phénomène se reproduit chaque année et s'accentue davantage, il se pourrait fort bien que le blanc du chêne devienne un parasite des plus redoutables. Alors qu'en 1908 je n'ai observé ce champignon qu'à partir du milieu de juillet, en 1909 j'ai constaté sa première apparition dès le 15 juin et M. le pasteur Cruchet m'a dit l'avoir remarqué aux environs de Montagny sur Yverdon

[1] EUG. MAYOR. « Notes mycologiques », *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXVI, 1909.

déjà dans les derniers quinze jours du mois de mai, ce qui confirme les observations faites en France en 1908. Malgré de nombreuses et minutieuses recherches en août, septembre et octobre, il ne m'a pas été possible de trouver la forme ascosporée et, à ma connaissance, personne à l'étranger n'a été plus heureux. Il faut espérer que l'année 1910 nous sera plus favorable et qu'il nous sera possible d'élucider toutes les diverses questions que pose encore l'étude de cet intéressant parasite.

Sur : *Viburnum Lantana*, L. — Très commun dans les haies, les taillis, les lisières de bois et les forêts, depuis le bord du lac à la montagne. Se développe à partir du mois d'août jusqu'à l'arrière-automne. (Herb. Morthier et catalogue, sous le nom de *Calocladia Hedwigii*, Lév. ; Jaczewski.)

Sur : *Viburnum Opulus*, L. — Commun dans les haies, les taillis, les lisières de bois et les forêts, depuis le bord du lac à la montagne. Se développe à partir du mois d'août jusqu'à l'arrière-automne. (Herb. Morthier et catalogue, sous le nom de *Calocladia penicillata,* Lév. ; Jaczewski.)

### Microsphæra Alni (Wallr.).
### var. Loniceræ (DC.).

Sur : *Lonicera alpigena,* L. — Haie entre Pierre-à-Bot-Dessous et les bois de Maujobia sur Neuchâtel. 21 août 1909. — Bois entre les Hauts-Geneveys et Tête-de-Rang. 19 septembre 1909. — Bois, aux Trois-Bornes sur Neuchâtel, le long du sentier de Fenin. 14 septembre 1909.

Sur : *Lonicera Xylosteum,* L. — Haie entre Pierre-à-Bot-Dessous et les bois de Maujobia sur Neuchâtel. 21 août 1909. (A côté de *Lonicera alpigena,* malade.)

### Microsphæra Alni (Wallr.).
### var. divaricata (Wallr.).

Sur : *Frangula Alnus*, Mill. — Entre Saint-Martin et Engollon, Val-de-Ruz. Septembre 1864. (Herb. Morthier et catalogue, sous le nom de *Calocladia divaricata,* Lév. ; Jaczewski.) — Bois du Chanet près Neuchâtel. 26 août 1908. — Sentier de Fenin à Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 24 septembre 1909.

Sur : *Lonicera nigra*, L. — Bois, Combe Mauley près de la Joux-du-Plâne sur Dombresson. 15 août 1909. — Bois, versant nord du Mont-Racine. 19 septembre 1909.

### Microsphæra Grossulariæ (Wall.), Lév.

Sur : *Ribes Grossularia,* L. — Chézard, Val-de-Ruz. Octobre 1864. (Herb. Morthier et catalogue, sous le nom de *Calocladia grossulariæ,* Lév. ; Jaczewski.) — Commun dans les jardins à Neuchâtel, de septembre à octobre. — Jardins, Rochefort. 20 septembre 1908. — Haie et jardins à Saint-Blaise. 4 septembre 1909. — Haie près du stand de Corcelles et jardins à Peseux et Corcelles. 11 septembre 1909.

## Genre **Erysiphe,** De Candolle.

### Erysiphe Polygoni, DC.

Le catalogue de Morthier, pour cette espèce attaquant un très grand nombre de phanérogames différents, donne les indications suivantes et par trop vagues :

*Erysiphe Martii,* Lév., sur les ombellifères, les légumineuses, etc.

*Erysiphe communis,* Lév., sur les *Lathyrus*, *Caltha*, *Knautia,* etc.

Jaczewski distingue aussi deux espèces, actuellement réunies, soit *Erysiphe Martii,* Lév. et *Erysiphe communis,* Fries., avec les variétés *Umbelliferarum* et *Ulmariæ.*

Sur : *Aconitum Lycoctonum,* L. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral et clairière de bois entre Lignières et Chasseral. 9 octobre 1909.

Sur : *Aconitum Napellus,* L. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909.

Sur : *Ajuga reptans,* L. — Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 28 août 1908. — Sentier du Plan sur Neuchâtel à Fenin, près des Trois-Bornes. 13 octobre 1908. — Bois, Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 8 octobre 1908.

Sur : *Alliaria officinalis,* Andrz. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 21 août 1908.

Sur : *Angelica silvestris,* L. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 31 octobre 1908 et 7 octobre 1909. — Bord de l'Areuse, au Champ-du-Moulin. 28 juillet 1908. — Bord de la Thielle entre Préfargier et Thielle. 14 août 1909. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1909.

Sur : *Anthriscus silvestris,* Hoffm. — Corcelles. Juillet 1863. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Anthyllis Vulneraria,* L. — Sentier du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 20 septembre 1909.

Sur : *Aquilegia vulgaris,* L. — Commun dans les bois depuis le bord du lac à la montagne ; se développe surtout en août et septembre. D'après Jaczewski : Chaillet, Neuchâtel.

Sur : *Arabis Turrita,* L. — Commun dans les bois, surtout à la montagne ; je l'ai rencontré jusque dans les bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. Se développe de juillet à octobre.

Sur : *Brassica oleracea,* L. — Assez commun dans les jardins potagers, de septembre à octobre. Surtout abondant dans le vignoble, mais se rencontre aussi plus haut, ainsi à Lignières et probablement aussi au Locle et à La Chaux-de-Fonds.

Sur : *Caltha palustris,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame, de juillet à octobre, du bord du lac à la montagne. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Capsella Bursa-pastoris*, Mönch. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908. — Champs entre Epagnier et Préfargier. 10 octobre 1908.

Sur : *Chærophyllum aureum,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame, de juillet à octobre.

Sur : *Chærophyllum hirsutum,* L. — Sans indication de date, ni de localité, mais provenant très probablement du canton. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Chærophyllum temulum,* L. — Bois près de Rochefort. 17 juillet 1900. (Eug. Mayor.)

Sur : *Convolvulus arvensis,* L. — Herbier Morthier ; l'étiquette est malheureusement égarée, mais il s'agit vraisemblablement d'échantillons récoltés dans le canton.

Sur : *Convolvulus sepium,* L. — Bord du lac à Auvernier. 31 octobre 1908. — Saars près Neuchâtel. 17 août 1909. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1909.

Sur : *Delphinium Ajacis,* L. — Assez commun dans les jardins où se cultive le phanérogame, de juin à octobre. Je ne l'ai constaté qu'à Neuchâtel. (Eug. Mayor.)

Sur : *Delphinium Consolida,* L. — Très commun dans les jardins, à peu près partout où on cultive le phanérogame, de juin à octobre. (Eug. Mayor.) Les plantes attaquées sont rapidement envahies en entier, périclitent et finissent par périr ou en tous cas ne peuvent plus servir comme fleurs d'ornement. Les dégâts très considérables que cause ce parasite expliquent peut-être très simplement pourquoi actuellement les pieds d'alouettes sont assez peu cultivés alors qu'il y a une dizaine d'années on les rencontrait dans presque tous les jardins.

Sur : *Dentaria pinnata,* Lam. — Bois des gorges de l'Areuse et au pied des rochers de Treymont sur Champ-du-Moulin. 28 juin 1908. — Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 28 août 1908.

Sur : *Erysimum strictum,* Fl. Wett. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 25 juillet 1900. (Eug. Mayor.) — Je retrouve chaque année ce parasite en juillet et août à la même localité; le phanérogame s'est échappé de l'ancien jardin botanique qui se trouvait aux Saars et s'est abondamment propagé tout le long de la grève jusqu'à Saint-Blaise et Marin.

Sur : *Galium Aparine,* L. — Peseux. Juillet 1863. (Herb. Morthier et Jaczewski.) — Bois entre Tête-Plumée et la Poudrière sur Neuchâtel. 15 septembre 1908. — Eboulis derrière la source de la Noiraigue. 7 novembre 1909.

Sur : *Heracleum Sphondylium,* L. — Commun dans les prés, au bord des chemins, dans les haies, à la lisière des bois et dans les forêts. Se développe d'août à octobre dans toute l'aire de dispersion du phanérogame.

Sur : *Heracleum Sphondylium,* L., var. *elegans,* Jacq. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 23 août 1908.

Sur : *Hypericum montanum,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame, mais surtout dans les pâturages du Jura; se rencontre de juillet à octobre. (Herb. Morthier et Jaczewski : *Hypericum,* sans indication de l'espèce.)

Sur : *Hypericum perforatum,* L. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908. — Bord de chemins, Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 1er octobre 1908.

Sur : *Knautia arvensis,* Koch. — Assez commun dans les décombres et au bord des chemins, en août et septembre. Je ne l'ai rencontré que dans le vignoble.

Sur : *Knautia silvatica,* Duby. — Commun dans les bois, surtout à la montagne, mais on le rencontre aussi assez fréquemment dans les bois au-dessus de Pierre-à-Bot et du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. Se développe à partir du mois d'août jusqu'en octobre.

Sur : *Laserpitium latifolium,* L. — Entre Champ-du-Moulin et le Saut-de-Brot. 28 août 1908.

Sur : *Lathyrus pratensis,* L. — Assez commun dans les haies, au bord des chemins et à la lisière des bois, surtout en septembre. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Lathyrus vernus,* Bernh. — Très commun partout dans les bois, d'août à octobre. (Herb. Morthier.)

Sur : *Melilotus alba,* Desr. — Bord du lac : Auvernier, Colombier, Cortaillod et Bevaix, bord de la Thielle; de juillet à septembre.

Sur : *Melilotus officinalis,* Desr. — Bord du lac: Auvernier, Colombier, Cortaillod et Bevaix, bord de la Thielle; de juillet à septembre.

Sur : *Onobrychis sativa,* Lam. — Très commun dans les prés et les pâturages, du bord du lac à la montagne; de juillet à octobre. (Eug. Mayor.)

Sur : *Ononis procurrens,* Wallr. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 17 septembre 1908. — Champs, Saint-Blaise. 4 septembre 1909. — Bord du lac à Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Pastinaca sativa,* L. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 18 août 1909, et entre Auvernier et Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Pimpinella magna,* L. — Eboulis près de la gare des Convers, au bas de la Grande-Combe. 15 août 1909.

Sur : *Pisum sativum,* L. — Commun dans les jardins potagers en août et septembre.

Sur : *Polygonum aviculare,* L. — Très commun partout où se développe le phanérogame, de juin à octobre. (Eug. Mayor.)

Sur : *Ranunculus aconitifolius,* L. — Chuffort (Chaumont). Septembre 1863. (Herb. Morthier et Jaczewski.) — Près de Rochefort. 17 juillet 1900. (Eug. Mayor.)

Sur : *Ranunculus acris,* L. — Commun dans les prés, les champs, les cultures et au bord des chemins, d'août à octobre. Je l'ai constaté dans le vignoble et au Val-de-Ruz.

Sur : *Ranunculus lanuginosus,* L. — Bois, Fontaine-Froide, Creux-du-Van. 28 juin 1908. — Joux-du-Plane sur Dombresson. 15 août 1909. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909. — Bois entre Lignières et Chasseral. 9 octobre 1909.

Sur : *Ranunculus nemorosus,* Dec. — Bois, versant nord du Mont-Racine. 19 septembre 1909.

Sur : *Ranunculus platanifolius,* L. — Commun dans les bois du Jura, d'août à octobre.

Sur : *Ranunculus repens,* L. — Très commun dans toute l'aire de dispersion du phanérogame, de juillet à octobre.

Sur : *Sisymbrium officinale,* Scop. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 5 novembre 1908. — Plan sur Neuchâtel. 22 octobre 1909.

Sur : *Succisa pratensis*, Mönch. — Pâturages, marais des Ponts près de Plamboz. 20 septembre 1908.

Sur : *Thesium pratense*, Ehrh. — Bord du lac à Colombier. 9 juillet 1900 et 22 juin 1904. (Eug. Mayor.) — Sentier de Chambrelien au Champ-du-Moulin. 1er août 1909.

Sur : *Torilis Anthriscus*. Gmel. — Entre Chambrelien et

Rochefort. 14 août 1908. — Prés au-dessus du tunnel du chemin de fer, Saint-Blaise. 4 septembre 1909. — Saars près Neuchâtel. 16 septembre 1909.

Sur : *Trifolium campestre,* Schreb. — Chemin de la Châtelainie, bois au-dessus du Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 19 juin 1909.

Sur : *Trifolium medium,* L. — Commun partout dans les bois où se développe le phanérogame, d'août à octobre.

Sur : *Trifolium pratense*, L. — Très commun dans toute l'aire de dispersion du phanérogame, de juillet à octobre. (Herb. Morthier.)

Sur : *Trifolium rubens*, L. — Commun dans les bois des environs de Neuchâtel : derrière le Pénitencier (Eug. Mayor), le Mail, Bois de l'Hôpital, Pertuis-du-Soc, Plan, Maujobia et Valangines; d'août à novembre. — Bois et Roches de Chatollion près de Saint-Blaise. 10 octobre 1909.

Sur : *Urtica dioica*, L. — Hiver 1867 (Herb. Morthier) sans indication de localité, peut-être provenant de Couvet, car on trouve cette station indiquée par Jaczewski. — Chemin de Gratte-Semelle à Neuchâtel. 8 septembre 1908. — Bord du lac à Cortaillod. 28 août 1909. — Bord de chemins entre La Coudre et la marnière d'Hauterive. 6 novembre 1909.

Sur : *Valerianella Olitoria*, Poll. — Champ entre Epagnier et la Thielle. 10 octobre 1908.

Sur : *Vicia Cracca*, L. — Lisière de bois, Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 24 octobre 1908. — Champs entre Corcelles et la Prise-Imer sur Corcelles. 11 septembre 1909. — Champs, bord du lac entre Auvernier et Colombier. 7 octobre 1909.

### Erysiphe Cichoracearum, DC.

Sous ce nom rentrent les espèces suivantes du catalogue de Morthier avec les indications qu'il donne :

| | | |
|---|---|---|
| Erysiphe | Linkii, Tul., | sur Artemisia vulgaris. |
| — | lamprocarpa, Lév., | — Taraxacum, Plantago, etc. |
| — | Montagnei, Lév., | — les Lappa. |
| — | horridula, Lév., | — les Borraginées. |

Jaczewski ne distingue plus que deux espèces : *Erysiphe Linkii,* Lév. et *Erysiphe lamprocarpa,* Lév.

Salmon, dans sa *Monographie*, réunit encore ces deux espèces pour n'en plus faire qu'une seule, qui prend le nom de *Erysiphe Cichoracearum*, DC. On la trouve sur un assez grand nombre de phanérogames de familles différentes, mais surtout sur des Composées.

Sur : *Artemisia vulgaris*, L. — Entre Peseux et Auvernier. Août 1863. (Herb. Morthier et Jaczewski.) — Gare de Chambrelien. 14 août 1908. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 7 octobre 1909. — Commun aux environs de Neuchâtel : Beauregard, Vauseyon, Valangines, Maujobia, Plan, Saars, etc., d'août à octobre.

Sur : *Aster parviflorus*, Nees. — Fossé près du lac de Saint-Blaise. 14 août 1909. — Dans quelques jardins à Neuchâtel, d'août à octobre 1909.

Sur : *Carduus defloratus*, L. — Gorges de l'Areuse. 12 juillet 1900. (Eug. Mayor.) — Sentier de Rochefort à Tablette. 20 septembre 1908 et 19 août 1909. — Valangin, chemin de Peseux. 19 septembre 1909.

Sur : *Carduus Personata*, Jacq. — Bois entre Tête-de-Rang et la Roche-aux-Crocs. 19 septembre 1909. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 9 octobre 1909.

Sur : *Centaurea Jacea*, L. — Champs, Abbaye de Bevaix. 28 août 1909. — Saint-Blaise, au-dessus du tunnel du chemin de fer. 4 septembre 1909.

Sur : *Centaurea Jacea*, L., var. *angustifolia*, Schrank. — Prés et bords de chemins entre La Coudre et la marnière d'Hauterive. 6 novembre 1909.

Sur : *Centaurea montana*, L. — Assez commun dans les bois du Jura, d'août à octobre. — Le 31 juillet 1909 je l'ai rencontré dans le bois du Chanet près Neuchâtel, station la plus basse. — Au-dessus de Couvet. Août 1863 (Herb. Morthier), sous le nom de *Erysiphe Martii ;* un examen des asques et spores m'a démontré qu'il y a eu erreur dans la détermination et qu'il s'agit bien de *Erysiphe Cichoracearum*.

Sur : *Centaurea Scabiosa*, L. — Septembre 1863 (Herb. Morthier), sans indication de localité; proviendrait, d'après Jaczewski, de Corcelles. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 17 septembre 1908. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908. — Champs, Abbaye de Bevaix. 28 août 1909. — Prés, marais de Lignières. 9 octobre 1909.

Sur : *Cichorium Intybus*, L. — Champs, Epagnier. 10 octobre 1908. — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 7 novembre 1908. — Bord du lac entre Cortaillod et Bevaix. 28 août 1909. — Bords de chemins, le Landeron. 9 octobre 1909.

Sur : *Cirsium lanceolatum*, Scop. — Sarroyer sur Villiers, Val-de-Ruz. Octobre 1863. (Herb. Morthier.) — Serroue sur Corcelles, d'après Jaczewski (je n'ai pas retrouvé d'échantillons de cette localité dans l'herbier Morthier). — Bord de chemins et bois; Roche-de-l'Ermitage et Pertuis-du-Soc sur

Neuchâtel. Août à octobre 1908 et 1909. — Maujobia sur Neuchâtel. 19 septembre 1909. — Vauseyon près Neuchâtel. 23 octobre 1909.

Sur : *Cirsium oleraceum,* Scop. — Entre Saint-Martin et Engollon, Val-de-Ruz. Septembre 1869. (Herb. Morthier et Jaczewski.) — Bord du lac de Saint-Blaise. 26 septempre 1908.

Sur : *Echium vulgare,* L. — Gare de Chambrelien. 5 septembre 1908. — Assez commun au bord du lac: Marin, Saars, Auvernier, Colombier et Cortaillod; le long de la Thielle; à Beauregard et Vauseyon près Neuchâtel et dans les décombres aux environs de Neuchâtel, d'août à octobre.

Sur : *Eupatorium cannabinum*, L. — Commun au bord du lac, le long de la Thielle et du lac de Saint-Blaise, d'août à octobre.

Sur : *Hieracium murorum,* auct. — Commun dans les taillis, les haies, les bois, au bord des chemins et à la lisière des bois, d'août à octobre. Depuis le bord du lac à la montagne.

Sur : *Hieracium boreale,* Fr. — Route du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 26 août 1908 et 23 octobre 1909.

Sur : *Hypochæris radicata,* L. — Clairière de bois, pente sud de Chaumont, chemin de la Grande-Côte sur La Coudre. 1er octobre 1909.

Sur : *Inula salicina,* L. — Bord du lac près de la tuilerie de Cortaillod. 15 août 1908 et 28 août 1909.

Sur : *Lactuca perennis,* L. — Sentier de Chambrelien à Champ-du-Moulin. 5 juillet 1908.

Sur : *Lappa minor,* Dec. — Septembre 1867 (Herb. Morthier), sans indication de localité; d'après Jaczewski, proviendrait probablement de Neuchâtel. — Décombres près de l'église catholique à Neuchâtel. 3 septembre 1909. — Vauseyon, Neuchâtel. 11 septembre 1909.

Sur : *Mentha silvestris,* L. — Bord du lac aux Saars près Neuchâtel. 21 août 1908.

Sur : *Myosotis intermedia*, Link. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908.

Sur : *Myosotis silvatica*, Hoffm. — Bois entre Chambrelien et Rochefort. 18 août 1908.

Sur : *Plantago major*, L. — Très commun partout de juillet à novembre. (D'après Jaczewski, à Corcelles; dans l'herbier Morthier, gare d'Auvernier.)

Sur : *Prenanthes purpurea,* L. — Très commun dans les bois, dans toute l'aire de dispersion du phanérogame, de juillet à octobre. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Scorzonera hispanica,* L. — Jardins potagers près du lac de Saint-Blaise. 16 octobre 1909.

Sur : *Senecio Fuchsii,* Gmel. — Combe des Cugnets, versant nord de Tête-de-Rang. 19 septembre 1909.

Sur : *Solidago Virgaurea*, L. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. Juillet à septembre 1909. — Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. Août à octobre 1909.

Sur : *Sonchus arvensis*, L. — Champs au bord du lac à Colombier. 7 octobre 1909.

Sur : *Sonchus asper*, All. — Çà et là dans les champs et les jardins potagers, en août et septembre surtout.

Sur : *Sonchus oleraceus*, L. — Commun dans les champs, les jardins potagers et les décombres, du mois d'août à octobre.

Sur : *Symphytum officinale*, L. — Bord du lac entre Bevaix et Cortaillod. 15 août 1908.

Sur : *Verbascum Thapsus*, L. — Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 18 octobre 1909.

### Erysiphe Galeopsidis, DC.

Indiqué dans le catalogue de Morthier sous le nom de *Erysiphe lamprocarpa*, Lev. et seulement sur *Galeopsis*.

Sur : *Galeobdolon luteum*, Huds. — Sentier du Plan sur Neuchâtel à Fenin, près des Trois-Bornes. 16 septembre 1908. — Bois entre Pertuis sur Dombresson et les Loges, Val-de-Ruz. 15 août 1909. — Bois, versant nord du Mont-Racine. 19 septembre 1909. — Bois, Valangin, chemin de Peseux. 20 septembre 1909. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 9 octobre 1909.

Sur : *Galeopsis angustifolia*, Ehrh. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908 et 11 septembre 1909.

Sur : *Galeopsis Tetrahit*, L. — Commun dans les bois et les clairières de bois dans toute l'aire de dispersion du phanérogame ; se développe de juillet à novembre. (Herb. Morthier et Jaczewski qui ne précise pas l'espèce de *Galeopsis*, mais il doit s'agir de *G. Tetrahit.)*

Sur : *Lamium amplexicaule*, L. — Murs et bords de chemins aux environs de Neuchâtel : Parcs, Parcs-du-Milieu, Maujobia, Valangines et Vauseyon ; se développe de juillet à l'arrière-automne.

Sur : *Lamium purpureum*, L. — Neuchâtel, chemin des Parcs-du-Milieu. 17 septembre et 24 octobre 1908.

Sur : *Melittis melissophyllum*, L. — Sentier C. A. S. du Plan sur Neuchâtel à Chaumont. 19 septembre 1908.

Sur : *Origanum vulgare*, L. — Chemin des Valangines sur Neuchâtel. 3 octobre 1908.

Sur : *Stachys alpina*, L. — Commun dans les bois du Jura, d'août à octobre. (Eug. Mayor.)

Sur : *Stachys recta*, L. — Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel, le long du sentier C. A. S. de Chaumont. 9 septembre 1908.

Sur : *Stachys silvatica*, L. — Commun dans les taillis et les bois dans toute l'aire de dispersion du phanérogame ; se développe de juillet à octobre. (Herb. Morthier et Jaczewski qui ne précise pas l'espèce, mais il doit vraisemblablement s'agir de S. *silvatica*, surtout qu'il cite d'après Morthier.) De mon côté, je l'ai déjà mentionné dans ma « Contribution à l'étude des Erysiphées de la Suisse ».

### Erysiphe graminis, DC.

Le catalogue de Morthier indique : *Erysiphe graminis*, Tul., sur les Graminées.

Sur : *Avena sativa*, L. — Champs, Pierre-à-Bot-Dessous sur Neuchâtel. 21 août 1909.

Sur : *Bromus asper*, Murr. — Eboulis au pied des rochers du Creux-du-Van. 23 août 1908. — Bois derrière Tête-Plumée sur Neuchâtel. 15 octobre 1908. — Sentier de Chambrelien à Rochefort et de Rochefort à Tablette. 19 août 1909. — Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909.

Sur : *Bromus mollis*, L. — Champs, Bellevue sur Cressier. 28 mai 1908. — Champs au Chanet près Neuchâtel. 1er juillet 1908.

Sur : *Dactylis glomerata*, L. — Commun surtout dans les forêts et le long des chemins dans les bois, depuis août à octobre. L'herbier Morthier renferme des échantillons de *E. graminis* provenant du canton, mais sans indication du support ; il est très probable qu'il s'agit de *Dactylis glomerata*. Jaczewski le cite aussi de plusieurs localités du canton.

Sur : *Elymus europæus*, L. — Bois, Combe Biosse, versant nord de Chasseral. 29 août 1909. — Bois, Chaumont. 29 août 1909. — Bois entre Lignières et les pâturages de Chasseral. 9 octobre 1909.

Sur : *Festuca gigantea*, Vill. — Bois près de la Prise-Imer sur Corcelles. 11 septembre 1909. — Bois au-dessus de la carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 20 septembre 1909. — Bois, chemin de la Poudrière (Plan) à Pierre-à-Bot sur Neuchâtel. 11 août 1909. — Bois, Pertuis-du-Soc sur Neuchâtel. 24 août 1909.

Sur : *Festuca silvatica*, Vill. — Bois de Peseux. 27 août 1908.

Sur : *Hordeum murinum*, L. — Corcelles, près de la station du tramway. 21 juillet 1908.

Sur : *Lolium perenne*, L. — Corcelles, près de la station du tramway. 21 juillet 1908.

Sur : *Millium effusum*, L. — Assez commun dans les bois où se développe le phanérogame, de juin à octobre.

Sur : *Secale cereale*, L. — Champs, Trembley sur Peseux. 21 juillet 1909.

Sur : *Triticum caninum*, Schreb. — Bois, pente sud de la Montagne de Boudry. 1er août 1909.

Sur : *Triticum repens*, L. — Commun aux environs de Neuchâtel : Parcs, Vauseyon, Beauregard, Valangines, Maujobia, Pierre-à-Bot, Plan, Pertuis-du-Soc ; je ne l'ai pas vu ailleurs. Se développe (1909) de juin à septembre. (Herb. Morthier, à Beauregard.)

Sur : *Triticum vulgare*, Vill. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 16 juillet 1908. — Champs, Trembley sur Peseux. 21 juillet 1909.

### Erysiphe tortilis (Wallr.), Fr.

Sur : *Cornus sanguinea*, L. — Très commun dans les haies, à la lisière des bois et dans les forêts, à partir du mois d'août jusqu'en novembre. Se rencontre du bord du lac à la montagne. (Herb. Morthier, catalogue et Jaczewski.)

## Genre **Phyllactinia**, Léveillé.

### Phyllactinia corylea (Pers.), Karst.

Morthier, dans son catalogue indique cette espèce sous le nom de *Phyllactinia guttata*, Lév., sur le frêne, le noisetier, l'aubépine, le hêtre, etc.

Sur : *Alnus glutinosa*, Gärtn. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 31 octobre 1908.

Sur : *Alnus incana*, Dec. — Gorges de Trois-Rods sur Boudry. Octobre 1869. (Herb. Morthier.) — Bord du lac à Marin. 19 novembre 1898. (Eug. Mayor.) — Bord de la Thielle entre Epagnier et Préfargier. 10 octobre 1908. — Bord du lac entre Auvernier et Colombier. 31 octobre 1908. — Jaczewski indique encore, d'après Morthier, Chézard, Val-de-Ruz et Corcelles ; je n'ai pas retrouvé dans l'herbier Morthier des échantillons de ces deux stations.

Sur : *Betula verrucosa*, Ehrh. — Bord du lac à Colombier. 31 octobre 1908.

Sur : *Corylus Avellana*, L. — Très commun partout, de septembre et même août à l'arrière-automne. (Herb. Morthier et Jaczewski ; Eug. Mayor.)

Sur : *Fagus silvatica,* L. — Commun dans les bois, surtout sur la pente de Chaumont. Se développe au moment de la chute des feuilles, ce qui fait qu'on peut le récolter abondamment à terre sur les feuilles en voie de décomposition ; on ne le rencontre que peu souvent sur celles qui sont encore vertes. De fin septembre jusqu'en hiver. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Fraxinus excelsior,* L. — Très commun dans toute l'aire de dispersion du phanérogame, de septembre à l'arrière-automne. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Sur : *Lonicera Xylosteum,* L. — Au-dessus de Saint-Martin, Val-de-Ruz. Octobre 1864. (Herb. Morthier.) — D'après Jaczewski, encore à Chezard, Val-de-Ruz, et à Corcelles : les échantillons de ces deux stations ne se retrouvent pas dans l'herbier Morthier.

Sur : *Mespilus Monogyna,* Jacq. — Chemin des Quatre-Ministraux sur Neuchâtel. 16 septembre 1908. Sans indication de date ni de localité dans l'herbier Morthier, mais provenant très probablement du canton, car Jaczewski le mentionne sur *Cratægus* (sans préciser l'espèce) à Chézard, Val-de-Ruz, et à Corcelles.

Sur : *Mespilus Oxyacantha,* Gärtn. — Chemin des Quatre-Ministraux sur Neuchâtel. 16 septembre 1908. Herbier Morthier (même observation que ci-dessus).

Sur : *Pirus Malus,* L. — Herbier Morthier, sans indication de date, ni de localité ; proviendrait peut-être, d'après Jaczewski, de Corcelles et de Chézard, Val-de-Ruz.

Sur : *Pirus (communis?* L.). — Boudry. (Herb. Morthier et Jaczewski.)

Je place à la fin de la liste des Erysiphacées neuchâteloises une espèce qui n'a pas encore été identifiée très exactement, par le fait qu'on n'a pas pu jusqu'à maintenant rencontrer sa forme parfaite ascosporée.

### Oidium Evonymi japonici (Archangeli), Sacc.

Sur : *Evonymus japonicus,* Thunb. — Je n'ai rencontré ce parasite qu'une seule fois dans le canton, dans les jardins du quai des Alpes à Neuchâtel, le 15 novembre 1908 et dans le courant de novembre 1909. Il est probable et même certain qu'on doit le rencontrer encore ailleurs. L'aspect de ce champignon et sa manière de se comporter vis-à-vis de son hôte, rappelle beaucoup *Microsphæra Evonymi,* aussi est-il assez probable que par la suite on fasse rentrer cet *Oidium* dans cette espèce ou une autre très voisine.

J'ai trouvé enfin un certain nombre de phanérogames atteints d'*Oidium*, mais dont l'espèce exacte, pour le moment, n'a pu être déterminée rigoureusement par le fait du manque de la forme parfaite ascosporée qui lèverait toutes les hésitations.

Sur : *Asperula odorata*, L. — Assez commun dans les bois jusqu'à la montagne, de juillet à septembre. (Herb. Morthier.)

Sur : *Barkhausia taraxifolia*, Dec. — Champs, Prise-Imer sur Corcelles. 17 octobre 1908. — Prés entre Champ-du-Moulin et le Saut-de-Brot. 23 août 1908. — Carrière près de la Roche-de-l'Ermitage sur Neuchâtel. 14 juillet 1909. — Fossé des cibleries, Bois de l'Hôpital sur Neuchâtel. 17 octobre 1909.

Sur : *Chrysanthemum indicum*, L. — Jardins, Neuchâtel. 17 novembre 1898 (Eug. Mayor) et 18 octobre 1909. — Jardins, La Coudre. 6 novembre 1909. Cet *oidium* cause des dégâts assez appréciables chez les jardiniers. Les plantes atteintes sont gênées dans leur développement, les fleurs restent petites, parfois même avortent et en tous cas ne peuvent plus être employées comme ornement. Toutes les variétés cultivées ne sont pas attaquées, mais quelques-unes seulement et cela régulièrement chaque automne depuis bien des années, malgré tous les traitements qu'on fait subir à ces plantes pour les protéger d'une nouvelle invasion.

Sur : *Geum urbanum*, L. — Assez commun aux environs de Neuchâtel ; je ne l'ai pas rencontré ailleurs : Saars, le Mail, Bois de l'Hôpital, Valangines, Vauseyon, Beauregard, de juillet à octobre. (Eug. Mayor.)

Sur : *Lactuca muralis*, Gärtn. — Assez commun dans les bois jusqu'à la montagne, à partir de juin jusqu'en octobre. Il s'agit très probablement de *Erysiphe Cichoracearum*.

Sur : *Picris hieracioides*, L. — Bord du lac près de Cortaillod. 5 décembre 1898. (Eug. Mayor.)

Sur : *Senecio vulgaris*, L. — Champs, près du lac de Saint-Blaise. 14 août 1909.

Sur : *Silene inflata*, Sm. — Sentier du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 27 août 1908.

Sur : *Silene nutans*, L. — Sentier du Vauseyon au Chanet près Neuchâtel. 27 août 1908.

Sur : *Tragopogon orientalis*, L. — Sommet de Tête-Plumée sur Neuchâtel. 25 septembre 1909.

Sur : *Valeriana montana*, L. — Bois entre le Saut-de-Brot et la Fontaine-Froide, Creux-du-Van. 23 août 1908.

Sur : *Verbena*, sp. cultivé. — Jardins, Plan sur Neuchâtel. 18 octobre 1909.

# LA GARIDE DES VALANGINES

Par H. SPINNER, Professeur

A l'endroit où le Seyon à la sortie des gorges fait un contour brusque vers l'est, il existe sur la rive gauche une garide bien connue des botanistes. Menacée par une carrière, par des constructions, par une route en projet, il nous a paru intéressant de l'étudier en détail.

Cette garigue n'est qu'une petite portion de la superbe station xérothermique qui s'étend sur les rochers de la rive gauche du Seyon dans la dernière partie des gorges, mais elle mérite une place à part par sa richesse exceptionnelle.

Ses parois à pic sont orientées à l'ouest, sa pente douce au sud, c'est dire qu'elle occupe une situation bien ensoleillée. Par contre elle est exposée aux courants d'air ascendants et descendants des gorges ce qui nous permettra plus loin d'expliquer la présence de certaines plantes de montagne.

Le roc formant sous-sol appartient au jurassique supérieur, c'est un calcaire blanc-jaunâtre assez compact. Il est recouvert d'une couche de terrain glaciaire, sables et graviers morainiques calcaires dont l'épaisseur presque nulle au bas de la pente va s'augmentant jusqu'à près de 4 m. dans la partie supérieure boisée. Là où la calotte glaciaire a été enlevée on observe des lapiers en formation. Les fissures du roc sont remplies d'humus mélangé à des détritus calcaires. Une étroite tranchée ayant été ouverte pour la pose d'un câble électrique, plusieurs espèces rudérales sont venues s'établir sur la terre fraîchement remuée.

La garide des Valangines est à l'altitude moyenne de 520 m., elle occupe environ 2 hectares, dont un quart à découvert et trois quarts en mâquis et en bois.

Pour nous rendre un compte exact de la composition de la flore phanérogamique de cette localité, nous l'avons visitée régulièrement, notant chaque fois les espèces en fleurs et la masse florale représentée. Pour cette masse nous avons employé l'échelle de 1 à 10, ce maximum désignant une espèce répandue sur la grande partie de garide ayant atteint son optimum du nombre de fleurs épanouies. Ces évaluations sont naturellement très approximatives, mais peuvent donner

| VIII | | | | | IX | | | | X | | | | | XI | | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 10 | 16 | 21 | 28 | 4 | 11 | 18 | 27 | 2 | 7 | 15 | 23 | 31 | 14 | 21 | 4 |
| . | . | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | . | . | . | . | 1 | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |

| | III | | IV | | | | | | | V | | | | | | | | | | | VI | | | | | | | | | | | VII | | | | | | | | | | | VIII | | | | | | | | | | IX | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | XI | XII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 24 | 27 | 1 | 9 | 14 | 17 | 21 | 25 | 29 | 2 | 6 | 9 | 12 | 15 | 19 | 23 | 26 | 30 | 2 | 6 | 10 | 13 | 16 | 19 | 23 | 26 | 30 | 2 | 6 | 10 | 13 | 16 | 20 | 24 | 27 | 2 | 10 | 13 | 20 | 25 | 30 | 3 | 10 | 16 | 21 | 25 | 2 | 11 | 18 | 25 | 3 | 7 | 15 | 23 | 31 | 14 | 21 | 4 | | | | | | | | | | |

| | VIII | | | | | IX | | | | X | | | | | XI | | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 | 5 | 10 | 16 | 21 | 28 | 4 | 11 | 18 | 27 | 2 | 7 | 15 | 23 | 31 | 14 | 21 | 4 |
| 109. Ev | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110. Li | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 111. Tr | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 112. He | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 113. Me | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 114. Se | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185. G | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 187. G | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 188. Pi | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 189. E | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 190. Ca | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 191. Ca | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 192. M | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 193. C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 194. La | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 195. E | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 196. C | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 197. S | . | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 198. C | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 199. H | . | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 200. G | . | . | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 201. Se | . | . | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | |
| 202. Se | . | . | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 203. R | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 204. H | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 205. A | . | . | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 206. A | . | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 207. A | . | . | . | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 2 | | | | | | | | |
| 208. In | . | . | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 209. A | . | . | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 210. E | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 211. S | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |

212. P Hieracium Pilosella; 218. Knautia silvatica;
219. F opteris fragilis; 225. Asplenium Trichomanes;
226. A

N mises à part.

| | III | IV | | | | | | V | | | | | | | | | | | | VI | | | | | | | | | | | | VII | | | | | | | | | | | | VIII | | | | | | | | | | | | IX | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | XI | | | | | | | | | | | | XII | | | |
|---|---|---

d'heureux points de comparaison pour des études phénologiques. Nous avons dépassé le nombre 10 pour *Aster Lynosiris* dont le foisonnement fut exceptionnel.

Ci-joint le tableau détaillé de nos observations; les noms étant indiqués d'après la *Flore de la Suisse,* par WILCZEK et SCHINZ. Ce tableau, accompagné des diverses planches annexes, nous permettra d'étudier la flore de la garide successivement quant à : 1° ses origines ; 2° sa répartition dans le temps ; 3° ses rapports avec les phénomènes météorologiques ; 4° sa composition systématique.

PLANCHE I

*Courbes biométriques.*

## 1. Origines de cette florule.

Nous avons cherché à quels groupements floristiques se rattachent les 226 espèces que nous avons observées et nous avons obtenu les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Espèces nordiques : 38 . . . . . | soit le | 16,8 % |
| » de l'Europe centrale : 130 . . . . | » | 57,6 % |
| » montanes, préalpines et alpines : 10 . | » | 4,4 % |
| » sudeuropéennes et pontiques : 47 . . | » | 20,8 % |
| Espèce américaine (Erigeron canadensis) : 1 . | » | 0,4 % |

Le groupe des espèces du nord de l'Europe ne renferme guère que des espèces secondaires au point de vue de la masse, ainsi *Primula officinalis, Fragaria vesca, Solidago, Achillea millefolium, Poa annua, Taraxacum, Thymus Serpyllum, Campanula rotondifolia, Vicia sepium, Galium aparine, Trifolium repens.* Seuls *Hieracium silvaticum* et *Festuca ovina* var. *duriuscula* impriment leur caractère, l'un au bois, l'autre à la prairie, quelques jours durant.

Les espèces de l'Europe centrale forment naturellement le gros de la végétation, quoique ne lui donnant pas nécessairement toujours son aspect dominant. Nous n'en citerons que les principaux représentants : les deux *Cratægus,* les deux *Brachypodium, Mercurialis perennis, Prunus spinosa* et *P. insititia, Dianthus silvester, Poa compressa,* les deux *Medicago, Rosa spinosissima, Anthyllis, Bromus erectus,* tous les *Geranium, Kœleria cristata, Lotus, Sesleria,* les *Galium,* les *Plantago*, *Aster Lynosiris, Helianthemum Chamœcistus.*

Les phanérogames de la zone montagneuse sont très peu nombreuses et sauf *Pinus silvestris* qui forme le gros du bois, elles offrent une moindre importance de masse. Ce sont en allant des espèces montanes aux alpines : *Rhamnus alpinus, Ribes alpinum, Chærophyllum hirsutum, Pinus silvestris, Abies alba, Sorbus aria, Amelanchier ovalis, Hieracium amplexicaule, H. prenanthoïdes, Saxifraga aïzoon.* Cette dernière espèce mérite une mention spéciale. Sa station date évidemment de l'époque glaciaire et est en relation avec celles de Chasseral. On observe plusieurs stations intermédiaires dans le Val-de-Ruz, en particulier dans les rochers qui dominent Valangin au nord.

Les espèces sudeuropéennes et pontiques méritent aussi d'être toutes citées, ce sont : *Euphorbia dulcis, E. amygdaloïdes, E. cyparissias, Helleborus fœtidus, Melittis Melissophyllum, Aceras anthropophora, Andropogon Ischæmon, Bupleurum falcatum, Carex humilis, Coronilla varia, Globularia vulgaris, Knautia silvatica, Linum tenuifolium, Peucedanum Cervarica, Prunus mahaleb, Stachys rectus, Teucrium Botrys, T. chamædrys, T. montanum, Trifolium rubens, Veronica teucrium, Salvia pratensis, Cytisus sagittalis, Kœleria vallesiana, Primula vulgaris, Tunica prolifera,* puis *Coronilla Emerus, Lathyrus latifolius, L. vernus, Anthericum ramosum, Aster Amellus, Brunella grandiflora, Cephalanthera rubra, Fragaria elatior, Seseli Libanotis, Anemone Pulsatilla, A. Hepatica, Trifolium montanum, Vincetoxicum officinale, Hieracium florentinum, Muscari racemosum, Thesium pratense, Alsine Jacquini = Minuartia fasciculata,* plus *Cotoneaster integerrima* et *Goodyera repens* d'origine incertaine.

Ce sont là les végétaux les plus caractéristiques de la garigue et qui lui donnent plus d'une fois son aspect étranger, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant :

## 2. La garide des Valangines aux divers mois de l'année.

Tant que le sol n'est pas couvert de neige et qu'il ne gèle pas trop fort, quelques individus robustes fleurissent. Ainsi, le 8 novembre 1908, nous comptions, sous la neige qui commençait à tomber, des individus en fleur de 20 espèces; le 22 dit de 25 espèces, soit : *Bromus erectus, Lampsana communis, Medicago Lupulina, Galeopsis Tetrahit, Ranunculus bulbosus, Sonchus lævis, S. asper, Linaria minor, Fumaria officinalis, Satureia Acinos, Tunica prolifera, Vicia sepium, Geranium Robertianum, Centaurea Scabiosa, Achillea millefolium, Seseli Libanotis, Potentilla Tabernæmontani, Teucrium Botrys, Thymus Serpyllum, Teucrium montanum, Aster Lynosiris, Trifolium pratense, Helianthemum chamæcistus, Satureia vulgaris, Hieracium umbellatum.* Le 11 décembre 1908, fleurissaient encore des individus de 17 espèces; le 17 janvier 1909 de 7 espèces; le 29 dit de 3 espèces.

Toutefois une végétation active ne se manifeste guère que de la mi-mars à fin octobre. La courbe biométrique (voir pl. I) nous montre une marche ascendante rapide jusqu'à la mi-juin, puis une chute assez forte suivie du maximum à fin juillet, enfin une rapide dégringolade.

Etudions d'abord les aspects saisonniers de la garide aux divers mois de l'année.

Le premier aspect caractéristique de la garide des Valangines se manifeste en avril lors de la floraison simultanée de *Sesleria* et de *Carex humilis,* ces deux espèces recouvrant bois, maquis, prairie et rocher forment un superbe *Sesleria-caricetum* tacheté d'*Anemone Pulsatille* et *A. Hepatica.* La garide présente en ce moment l'aspect d'une steppe rocheuse mi-centreuropéenne, mi-pontique. Vers la fin du mois, les monocotylédones font place essentiellement à *Potentilla Tabernæmontani,* à *Euphorbia cyparissias,* à *Globularia vulgaris,* c'est-à-dire que le caractère sudeuropéen s'accentue avec la prédominance des espèces tout à fait extrasilvatiques.

Le commencement de mai voit s'accentuer encore ce caractère xérothermique par la floraison de *Prunus mahaleb.* Peu à peu, cependant, les types centreuropéens reprennent la prédominance par l'entrée en scène de *Polygonatum officinale,* d'*Hippocrepis comosa,* de *Saponaria ocymoïdes,* de *Pinus*

*silvestris*. Le sous-bois par contre est absolument pontique par la floraison en masse de *Coronilla Emerus*.

Le mois de juin voit un mélange extrême des formes de toute provenance. Dans le sous-bois, le jaune de *Coronilla* fait place au jaune de *Hieracium silvaticum*, plante nordique qui prédominera durant tout le mois. Dans les buissons et la prairie, c'est d'abord la prédominance de *Trifolium montanum*, pontique, avec *Geranium sanguineum*, centreuropéen, et *Cytisus sagittalis*, sudeuropéen, puis c'est le règne des Graminées : *Poa pratensis, Briza media, Bromus erectus, Festuca duriuscula, F. heterophylla, Arrhenaterum elatius* donnant à la garide le type parfait de la prairie sèche de l'Europe centrale et nordique. Parmi ces Graminées abondent *Hippocrepis comosa, Lotus corniculatus, Medicago lupulina, Silene nutans* de même origine.

Dès la fin de mai *Saxifrage Aïzoon* a fleuri sur les rochers perpendiculaires orientés à l'ouest, au-dessus du Seyon. Cette floraison dure jusque vers la fin de juin, pour être remplacée par celle d'*Hieracium amplexicaule*, une autre espèce des hauteurs calcaires.

Le règne des Graminées se continue par les deux *Kœleria*, dont l'une *K. vallesiana* est typique pour la garide neuchâteloise, l'autre *K. cristata* croît aussi à l'ombre où elle atteint de superbes proportions.

Puis juillet voit fleurir une telle masse d'espèces que d'abord une caractéristique devient difficile à établir. Toutefois *Helianthemum Chamœcistus* s'impose particulièrement dans le bois et dans le màquis, ce qui nous ramène dans les espèces de l'Europe centrale sud, les principales espèces accessoires étant : *Galium Mollugo, Melampyrum cristatum, Trifolium rubens, Coronilla varia, Centaurea scabiosa, Satureia acinos, Teucrium Botrys, Asperula Cynanchica, Dianthus silvester*.

Le passage au mois d'août est étonnamment précisé par la prédominance des types pontiques et sudeuropéens : *Anthericum ramosum* d'abord qui remplit bois, màquis et pré, puis *Seseli Libanotis, Bupleurum falcatum, Peucedanum Cervaria, Pimpinella Saxifraga* qui établissent le sous-règne des Ombellifères, puis enfin *Linum tenuifolium*, *Campanula rotundifolia*, *Agrostis alba*, *Hypericum perforatum*, *Teucrium chamædrys*, *Sedum album*, *Teucrium montanum*, *Thymus Serpyllum*, etc.

Fin août voit se lever une nouvelle étoile, *Aster Lynosiris*, marquant un retour aux types centreuropéens. Durant tout septembre et le commencement d'octobre, la garide extrasilvatique est jaune de ses capitules. Les espèces accessoires

décroissent en masse, diminuent en nombre, seul *Aster Amellus* donne une teinte pontique au bois.

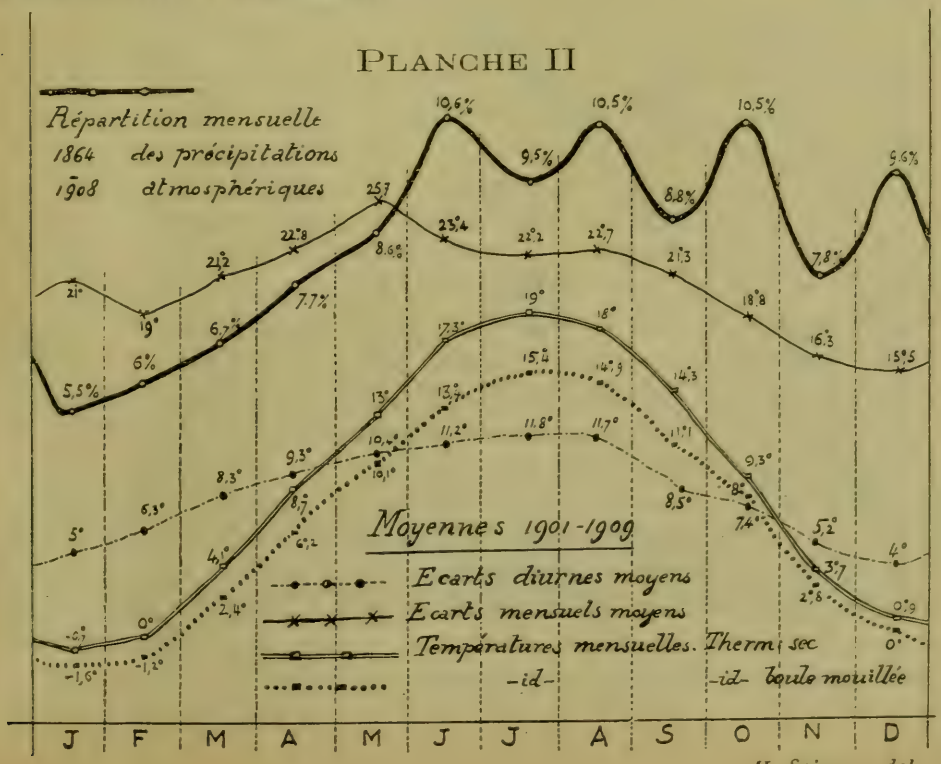
Puis dès octobre c'est la fin, seuls quelques individus robustes de toute provenance persistent à fleurir, puis la mort et le renouveau.

### 3. Les saisons de la garide en rapport avec les phénomènes météorologiques.

A l'usage de ce paragraphe nous avons dressé les graphiques inédits suivants (voir pl. II à V), donnant les principales caractéristiques météorologiques pour la période indiquée. Ils ont été calculés et établis d'après les données de l'observatoire de Neuchâtel que M. le Dr Arndt a bien voulu nous communiquer et d'après les travaux de M. l'ingénieur S. de Perrot dans le *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*

Le développement saisonnier d'une florule doit être la résultante d'une longue adaptation et par conséquent les fluctuations annuelles ne devront jouer qu'un rôle secondaire en avançant ou en retardant de quelques jours la floraison de certaines espèces.

Nous avons considéré comme éléments météorologiques essentiels : les précipitations atmosphériques, la température, la fréquence et l'intensité des vents, le degré hygrométrique, la nébulosité, l'insolation.

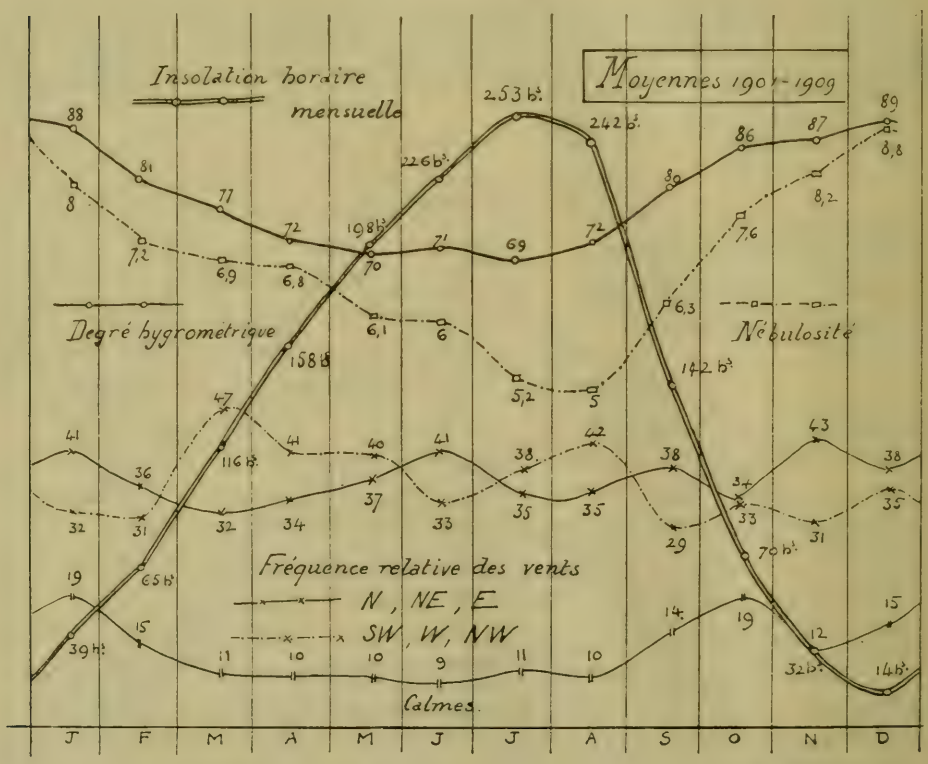



H. Spinner, del.

Comparons d'abord la courbe biométrique aux courbes météorologiques moyennes, des neuf dernières années. Nous remarquons que ces courbes ont une régularité remarquable avec maxima en juillet. Il y a toutefois deux exceptions frappantes, la courbe des précipitations atmosphériques indique un fléchissement notable en juillet et ce fléchissement se retrouve sur la courbe biométrique. Si nous rapprochons de ce fait que la nébulosité moyenne est plus faible en août qu'en juillet, nous trouvons une correspondance remarquable entre phénomènes météorologiques et masse florale.

Reprenons la question plus en détail. Et tout d'abord une constatation. On ne saurait trop tenir compte de l'effet du vent qui, par son activité, provoque une forte transpiration de sorte que la température utile à la plante n'est point celle qu'indique le thermomètre sec, mais bien le thermomètre à boule mouillée. La planche III donne les courbes correspondantes. Les vents secs N. et N. E. jouent évidemment un rôle essentiel.

PLANCHE III




H. Spinner, del.

Janvier et février n'ont aucune influence sur la végétation de la garigue, car celle-ci est adaptée à tous les extrêmes. En mars, la température moyenne dépasse le zéro spécifique du plus grand nombre des espèces, la végétation se met en train. C'est un mois très venteux avec prédominance des S.W., W., N.W.; les écarts de température sont brusques et considérables, ce sont là précisément les caractères météorologiques de la steppe et en effet la garigue présente en mars et en avril qui lui est semblable une prédominance marquée des espèces anémophiles pontiques et sudeuropéennes.

Mai marque le passage aux mois tièdes, température moyenne supérieure à 10°. L'insolation est considérable, la quantité de pluie augmente notablement. Cet assemblage de conditions favorables explique la floraison subite d'un grand nombre d'espèces nouvelles de toute provenance.

Juin est le mois le plus arrosé de l'année, mais comme les vents N. et N.E. y redeviennent dominants et que les caractères de mai s'y accentuent, il se produit un dualisme intéressant entre forêt et endroits découverts. Dans le bois où l'humidité se maintient règne une espèce nordique, tandis que, dans les endroits ensoleillés la garide présente un aspect plus méridional qui, vers la fin du mois, se transforme en paysage mi-steppique. Les Graminées à feuillage coriace, à structure xérophile et anémophile en sont la caractéristique.

En juillet, fléchissement général des courbes, attribuable, comme nous l'avons vu plus haut, aux pluies moindres, avec plus de chaleur, plus de soleil, plus de vent. Les Graminées anémophiles dominent encore, *Kœleria* puis *Brachypodium*.

Le mois d'août montre comme un effort nouveau de la végétation. La forêt elle-même a vu son sol se dessécher, aussi partout les espèces xérophiles abondent-elles à couvert, comme en plein soleil. Toutefois des pluies abondantes fécondant un terrain surchauffé permettent la floraison d'un grand nombre d'autres espèces, aussi la masse florale atteint-elle son maximum. La plupart des fleurs sont du type entomophile à nectaires «ouverts» (offene Honigblumen) à l'exclusion presque complète des types anémophiles.

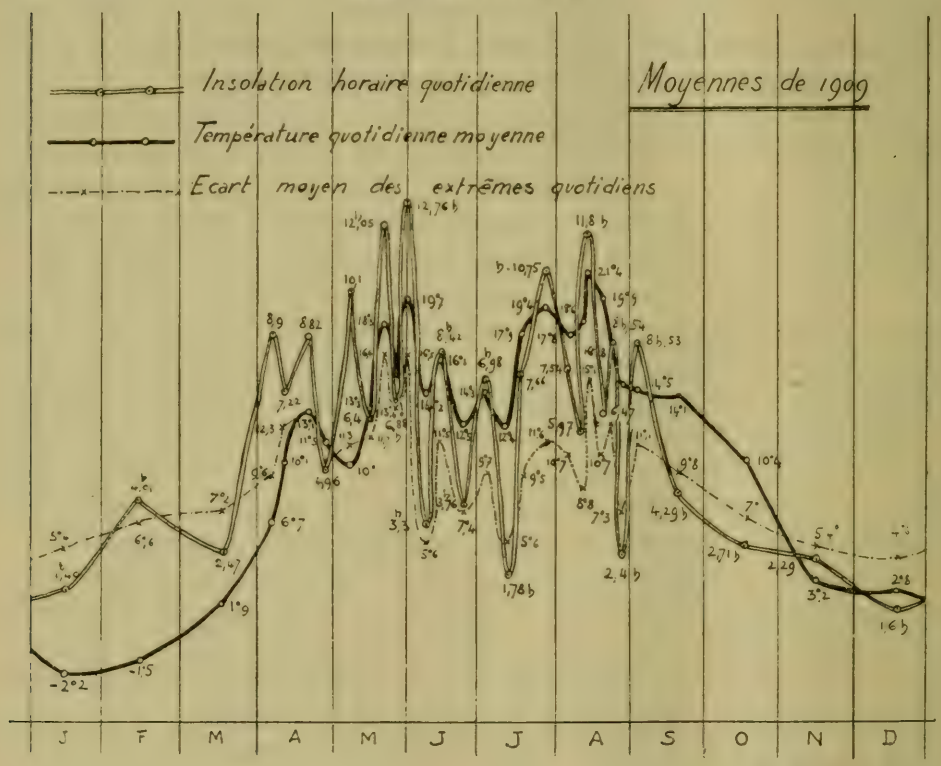
Septembre est un mois plus calme, l'insolation a considérablement diminué, de même les pluies et les vents, par contre la nébulosité et le degré hygrométrique ont augmenté sensiblement. C'est le coup de mort à la steppe, à l'anémophilie, mais la masse totale et le nombre des espèces en fleurs décroît lentement.

Les pluies abondantes d'octobre amènent une humidité et

une fraîcheur fatales à la floraison. Aucune nouvelle espèce ne peut refleurir. Dès la mi-août déjà, du reste, le nombre des espèces défleuries dépasse celui des autres, et dès la mi-septembre une floraison nouvelle n'est plus qu'une exception.

Ayant ainsi constaté la parfaite analogie des courbes météorologiques moyennes avec la courbe florale, étudions les fluctuations passagères de celle-ci en rapport avec les perturbations climatiques de 1909. Cette année-là a été plutôt humide et fraîche, preuve en soient les courbes de température et d'insolation qui montrent en plein été un fléchissement extraordinaire.

PLANCHE IV




*H. Spinner, del.*

Ces perturbations trouvent leur fidèle écho dans la courbe des masses florales, tandis que la courbe du nombre des espèces fleuries, beaucoup plus régulière, montre bien que ce nombre est une fonction d'une longue adaptation au climat.

La courbe des masses florales suit une marche parallèle à celle des températures, laquelle dépend évidemment de l'insolation. (Pl. I et IV.)

L'intensité des vents (pl. V) ne paraît pas jouer un rôle déterminant sur la masse florale, mais seulement, comme nous l'avons vu, sur la qualité de la flore. Ainsi au commen-

cement de mai, alors que les vents sont les plus violents, la progression de la masse ne semble pas affectée. Par contre à la mi-août, alors que l'intensité des courants d'air est minimale, la masse atteint son maximum. Cette relation n'est donc pas constante.

PLANCHE V

*H. Spinner, del.*

L'effet des fortes chutes de pluie a été plutôt contraire à la masse florale. Cela tient sans doute à la basse température moyenne de l'année. Des fléchissements d'ordre secondaire de la courbe florale correspondant à des pluies fortes ou suivies s'observent à fin avril, durant tout le moins de juin, commencement de juillet, commencement d'août.

En résumé nous concluons que :

1° Le nombre des espèces en fleurs est une résultante d'une longue adaptation aux divers agents météorologiques dans l'ordre suivant : insolation et température, fréquence et intensité des vents, somme des précipitations atmosphériques, humidité de l'air.

2° La masse florale dépend davantage des écarts momentanés de la moyenne, l'insolation, la température et les pluies jouant un rôle prépondérant.

## 4. Composition systématique de la garide des Valangines.

Les 226 espèces se décomposent comme suit :

| | | |
|---|---|---|
| 3 Fougères. | 2 Papavéracées. | 7 Ombellifères. |
| 4 Conifères. | 4 Crucifères. | 1 Cornacée. |
| 23 Graminées ; | 1 Résédacée. | 1 Pirolacée. |
| 3 Cyperacées ; | 3 Crassulacées. | 3 Primulacées. |
| 5 Liliacées ; | 3 Saxifragées. | 1 Oléacée. |
| 10 Orchidées : | 17 Rosacées. | 1 Asclépiadiacée. |
| soit 41 Monocotylédones. | 21 Papilionacées. | 14 Labiées. |
| 1 Salicacée. | 5 Géréniacées. | 2 Solanées. |
| 3 Amentacées. | 1 Linacée. | 8 Scrofulariées. |
| 1 Urticacée. | 4 Euphorbiacées. | 1 Globulariée. |
| 1 Santalacée. | 1 Célastracée. | 3 Plantaginées. |
| 1 Polygonacée. | 2 Rhamnacées. | 5 Rubiacées. |
| 1 Chénopodiacée. | 2 Hypéricinées. | 2 Caprifobiacées. |
| 9 Caryophyllacées. | 1 Cistinée. | 4 Campanulacées. |
| 7 Renonculacées. | 3 Violariées. | 2 Dipsacées. |
| 1 Berbéridée. | 1 Araliacée. | 27 Composées. |

Les mousses, les lichens et les végétaux plus inférieurs demandent encore une étude spéciale. Toutefois les champignons inférieurs en ont été étudiés par M. le Dr Eug. Mayor aux publications duquel nous renvoyons (v. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*)

Considérons aussi la composition de cette florale au point de vue de la durée de la vie de ses composants :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 40 | espèces, | soit | 17,7 % | sont annuelles. |
| 14 | » | » | 6,2 % | » bisannuelles. |
| 123 | » | » | 54,4 % | » vivaces, herbacées. |
| 17 | » | » | 7,5 % | » sous frutescentes. |
| 32 | » | » | 14,2 % | » des arbres ou des arbrisseaux. |

70 % des espèces annuelles et bisannuelles sont des plantes rudérales ou des haies, accidentelles sur la garide. On jugera immédiatement de l'énorme prédominance des espèces ligneuses et vivaces qui seules ont chance de subsister dans un milieu où la concurrence est si considérable. Cette adaptation est du reste bien connue pour toutes les localités xérothermiques.

Un corollaire de cette adaptation doit être une période de floraison assez longue avec longue production de graines. Les

chiffres que nous déduisons de nos observations nous paraissent probants :

36 espèces ont une période de floraison inférieure à 1 mois, ce sont surtout des arbres et des arbustes ;

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | espèces ont | eu une | floraison | durant en | moyenne | 1 mois ; |
| 26 | » | » | » | » | » | 1 1/2 » |
| 12 | » | » | » | » | » | 2 » |
| 17 | » | » | » | » | » | 2 1/2 » |
| 19 | » | » | » | » | » | 3 » |
| 14 | » | » | » | » | » | 3 1/2 » |
| 11 | » | » | » | » | » | 4 » |
| 5 | » | » | » | » | » | 4 1/2 » |
| 16 | » | » | » | » | » | 5 » |
| 3 | » | » | » | » | » | 5 1/2 » |
| 4 | » | » | » | » | » | 6 » |
| 1 | espèce a | » | » | » | » | 7 » |
| 1 | » | » | » | » | » | 8 » |
| 2 | espèces ont | » | » | » | » | 10 » |

La moyenne est de 2 mois 1/3, ce qui est beaucoup.

Cette période est en corrélation intime avec la répartition assez régulière des pluies, car ainsi les graines peuvent en tout temps trouver un sol favorable à leur germination. Ce phénomène est en contradition directe avec ce qui se passe dans la garigue où la floraison est passagère à cause de la sécheresse de l'été.

Nous clôturons ici cette esquisse nous réservant de la reprendre plus en détail dans un travail général sur la garide neuchâteloise comparée à d'autres.

## Bibliographie.

R. Gradmann. Das Pflanzenleben der schwäbischen Alb.
G. Hegi. Flora von Mitteleuropa.
Dr Arndt et S. de Perrot, ing. Publications météorologiques dans le *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*
Wilczek et Schinz. Flore de la Suisse.
Godet. Flore du Jura.
Lerch, Morthier et Tripet. Herbiers universitaires.
Schimper. Pflanzengeographie.

# SUR L'IMPOSSIBILITÉ DE SURCHAUFFER UN SOLIDE

Par A. BERTHOUD, Professeur

Dans toutes les transformations de la matière où une nouvelle phase apparaît, on peut en absence de *germes,* dépasser le point de transformation sans que celle-ci ait lieu. Il suffit de rappeler les phénomènes de surfusion, de sursaturation des solutions ou des vapeurs, de surchauffe des liquides. Cependant la fusion fait exception à la règle. On n'a jamais réussi à surchauffer un solide, c'est-à-dire à le chauffer au-dessus de son point de fusion, sans qu'il fonde. Malgré ces résultats négatifs, certains savants admettent la possibilité de réaliser ce phénomène et attribuent les échecs enregistrés jusqu'ici aux conditions défectueuses dans lesquelles on a opéré, à la présence de germes qu'on n'a pas su éviter. Ostwald[1] s'est exprimé dans ce sens d'une manière catégorique. Son opinion se fonde essentiellement sur l'observation suivante :

Frankenheim[2] a constaté que le $ClNa.2H_2O$, dont le point de décomposition est de $-12^o$, peut être porté jusqu'à $+15^o$ sans se décomposer. Ostwald admet que la décomposition de cet hydrate en cristaux de ClNa et solution saturée de ce sel, n'est pas directe. Il se formerait d'abord une solution sursaturée de ClNa, ayant la même composition que l'hydrate et de laquelle les cristaux de ClNa se sépareraient aussitôt. Il y aurait ainsi au début une véritable fusion. Le retard à la transformation de l'hydrate est ainsi, pour Ostwald, un retard à la fusion et il en conclut que tôt ou tard on parviendra à observer un semblable retard dans la fusion proprement dite.

Il ne nous paraît pas qu'on soit en droit de tirer cette conclusion du fait observé par Frankenheim. Au point de fusion les phases solide et liquide sont en équilibre. Le $ClNa.2H_2O$, au contraire, à son point de transformation, n'est pas en équilibre avec la solution sursaturée qui résulterait de sa fusion. Cette solution, à supposer qu'elle prenne naissance, tendrait à se transformer en solution saturée de ClNa et cristaux de ce sel ; son énergie libre serait donc plus

[1] *Lehrbuch der Allgemeinen Chemie,* I, 994.
[2] Pogg. 37, 638 et 111, 16.

élevée que celle de ce système et par conséquent plus élevée aussi que celle de l'hydrate solide. La température d'équilibre entre l'hydrate solide et le liquide provenant de sa fusion, qui n'est autre chose que le point de fusion de l'hydrate, ne coïncide pas avec sa température de décomposition; elle est beaucoup plus élevée et ne peut être observée, l'hydrate se décomposant avant qu'elle soit atteinte. A son point de transformation et même plusieurs degrés au-dessus, l'hydrate n'a aucune tendance à fondre, puisque son point de fusion est plus élevé. La décomposition de $ClNa.2H_2O$ n'est donc pas précédée de sa fusion et ne présente avec la fusion qu'une lointaine analogie. Nous ne trouvons donc rien, dans le fait observé par Frankenheim, qui puisse nous conduire à la conclusion qu'en a tirée Ostwald. L'opinion que la surchauffe d'un solide est possible ne peut se fonder que sur les analogies entre la fusion et les autres changements d'état, mais ne repose sur aucun fait expérimental précis. Je me propose de montrer qu'elle est en contradiction avec la théorie actuellement admise, qui attribue les retards aux changements d'état à l'action des forces capillaires.

D'après cette théorie, si la congélation, par exemple, ne se produit pas au point de solidification en absence de germes, cela tient à ce que les particules très petites qui doivent se former au début ont une très grande surface par rapport à leur volume et par conséquent une énergie superficielle considérable. Leur formation, à partir du liquide au point de solidification, est ainsi liée à un accroissement de l'énergie libre et par conséquent n'a pas lieu. En ajoutant au liquide en surfusion une particule de la substance solidifiée, on supprime la première phase de la transformation, qui ne peut se produire d'elle-même et on provoque la solidification.

Cette théorie admise, il est tout indiqué, si on veut s'expliquer l'impossibilité de surchauffer un solide, de chercher la cause pour laquelle les forces capillaires ne se manifestent pas dans la fusion. Cette cause nous paraît liée au fait que le liquide qui se forme dans la fusion mouille le solide. Considérons en effet un morceau de glace à zéro degré. Une gouttelette d'eau placée à sa surface s'étale. La surface glace-air est ainsi remplacée par une double surface glace-eau et eau-air. Le phénomène se produit de lui-même; il est donc lié à une diminution de l'énergie superficielle. En désignant celle-ci par E, on a donc:

$$E_{\text{glace-air}} > E_{\text{glace-eau}} + E_{\text{eau-air}}$$

La formation à la surface d'un cristal de glace à zéro degré, d'une gouttelette d'eau, n'est donc pas accompagnée d'un accroissement, mais d'une diminution de l'énergie libre. La cause qui, dans la vaporisation, la congélation, etc., s'oppose au changement d'état, à savoir l'augmentation de l'énergie superficielle au début de la transformation, n'existe donc pas dans la fusion, qui doit ainsi se produire, sans qu'un amorçage soit nécessaire, dès que le point de fusion est atteint. On doit même admettre que déjà au-dessous du point de fusion, il se forme à la surface des cristaux une mince couche liquide, puisque par ce phénomène l'énergie superficielle décroît.

La théorie capillaire des retards aux changements d'état nous conduit donc à la conclusion, en parfait accord avec les faits expérimentaux, qu'il est impossible de chauffer un solide au-dessus de son point de fusion sans qu'il fonde. Ce phénomène ne serait possible qu'avec un solide qui, en fondant, donnerait un liquide ne le mouillant pas.

# Nouvel appareil de commande automatique des aiguilles de voie

**BREVETS W. MEISTER**

PAR PAUL KONRAD, GÉOMÈTRE

INSPECTEUR SOUS-CHEF D'EXPLOITATION DES TRAMWAYS DE NEUCHATEL

## Considérations générales.

L'énorme développement pris ces dernières années par la plupart des réseaux de tramways urbains a posé tout à nouveau, et de la façon la plus pressante, le problème de la commande automatique des nombreuses aiguilles qui parsèment les voies et dont la manœuvre normale devient d'un intérêt capital pour les exploitations d'une certaine importance.

Précédemment, la manœuvre des aiguilles de bifurcation se faisait uniquement à la main, procédé encore utilisé sur les réseaux où le trafic est peu intense et où les voitures se succèdent à intervalles assez éloignés. Ce mode primitif de commande nécessite l'arrêt complet des voitures pour permettre aux agents des trains de descendre à terre et de manœuvrer les aiguilles, avant comme après le passage des voitures, au moyen d'un levier ou de tout autre dispositif approprié. L'arrêt répété des voitures est préjudiciable au bon ordre de l'exploitation; il entraîne des pertes de temps, des perturbations dans l'horaire, des dépenses supplémentaires de courant électrique, sans compter que les employés occupés aux aiguillages sont exposés, dans les rues très fréquentées tout au moins, aux dangers résultant de la circulation des véhicules de tous genres.

Dans un certain nombre de réseaux, la commande des aiguilles est faite par le wattman qui manœuvre une tringle à l'extérieur de la plateforme d'avant de sa voiture. L'aiguillage est alors peu sûr et les risques de déraillement par suite d'aiguilles mal faites diminuent la sécurité de l'exploitation. L'arrêt des voitures, quoique moins long, n'est du reste pas supprimé ainsi que les inconvénients qui en dérivent. En outre, la tendance actuelle de fermer complètement les plate-

formes des voitures au moyen de vitrages de protection diminue de plus en plus la possibilité de cette commande directe.

C'est pour ces raisons que, depuis longtemps déjà, certains réseaux importants ont créé, à l'instar de ce qui se fait dans les chemins de fer, de véritables postes d'aiguilleurs. On voit alors un employé spécial, stationné en permanence dans les carrefours, chargé de manœuvrer les aiguilles au fur et à mesure que les voitures apparaissent, afin de leur faire prendre la direction déterminée par la ligne desservie. Cette solution, évidemment défectueuse, entraîne de lourdes charges qu'il est parfaitement possible d'éviter en commandant automatiquement les aiguilles.

## Commande automatique.

En règle générale, les dispositifs de commande automatique sont combinés de façon à ce que l'aiguillage se fasse automatiquement pendant la marche, commandé qu'il est par le wattman à une distance suffisante des aiguilles de bifurcation, pour que l'on puisse encore s'assurer à temps que le dispositif a normalement fonctionné.

Citons ici pour mémoire les procédés purement mécaniques de commande automatique, dans lesquels l'aiguillage est actionné par une transmission mécanique composée de pièces assez compliquées telles que patins, cames, tringles ou leviers, commandée par le wattman qui tourne une manivelle « ad hoc » ou agit sur une pédale. Ces procédés purement mécaniques ne peuvent donner de bons résultats. La commande déterminée par le choc de la voiture sur une pièce fixée dans la voie est brutale; la transmission qui doit atteindre un assez grand développement est exposée aux poussières et détritus de tous genres qui s'accumulent dans la voie et nuisent à son bon fonctionnement. De plus, ces procédés imparfaits sont coûteux, beaucoup trop coûteux pour ce qu'ils valent, puisqu'ils nécessitent non seulement des installations fixées dans la voie, mais encore des constructions mécaniques adaptées aux extrémités de toutes les voitures.

Restent donc les appareils dans lesquels on utilise pour la commande automatique des aiguilles l'énergie électrique servant à la traction même des voitures. Ces dispositifs, seuls capables de donner d'excellents résultats pratiques, sont essayés depuis quelques années avec plus ou moins de succès sur différents réseaux. Ils sont tous basés sur les mêmes

principes généraux, mais diffèrent notablement les uns des autres par les moyens employés à leur réalisation.

L'idée maîtresse à la base de tels dispositifs, est la suivante :

Une section de la ligne de prise de courant, aérienne ou souterraine, est isolée de la source d'énergie électrique. Cette section est mise en contact, d'une part avec la source d'énergie, par le moyen d'un conducteur dans le circuit duquel est intercalé un appareil électrique commandant l'aiguille, d'autre part avec la voiture, puis avec la terre ou le conducteur de retour du courant par l'intermédiaire du trolley, de l'archet ou du frotteur souterrain. Ainsi donc, qu'une voiture parcoure la section isolée sans consommer de courant, le wattman ayant la manette du régulateur de mise en marche placée sur la touche zéro, le circuit est ouvert ; rien ne se passe ; l'appareil de commande ne fonctionne pas. Qu'au contraire la voiture passe cette section en consommant du courant, la manette étant placée par le wattman sur une des premières touches du régulateur de mise en marche, le circuit est fermé par la voiture ; l'appareil de commande fonctionne, l'aiguille est manœuvrée.

Cet appareil de commande peut être soit un moteur électrique, soit un solénoïde. Cependant, comme l'aiguille doit être commandée dans deux sens opposés, pour la direction à gauche et pour la direction à droite, ce résultat n'a été obtenu jusqu'ici que de deux façons : ou bien en faisant marcher le moteur commandant l'aiguille alternativement en avant et en arrière, ou bien en utilisant deux solénoïdes différents, correspondant l'un à la direction à gauche, l'autre à la direction à droite. Ces constructions nécessitent l'emploi de commutateur électrique renversant le champ magnétique dans l'enroulement du moteur ou faisant agir alternativement l'un ou l'autre des solénoïdes.

L'utilisation d'un moteur électrique spécial pour la commande de chaque aiguille, avec dispositif de renversement de marche, le tout logé dans une cage de protection assez encombrante, placée sur le trottoir à proximité de l'aiguille, est une solution délicate et coûteuse.

D'un autre côté, l'emploi de deux solénoïdes, avec commutateur électrique, constitue une solution passablement compliquée, que ces solénoïdes soient placées l'un à côté de l'autre, comme dans les appareils allemands, ou bout à bout sur le même axe, comme dans les constructions américaines.

## Dispositif des Tramways de Neuchâtel.

Pour les raisons indiquées ci-dessus, la Compagnie des tramways de Neuchâtel s'est efforcée d'obtenir une simplification des dispositifs existants. M. W. Meister, chef de dépôt de la dite Compagnie, s'est voué tout spécialement à cette tâche et a trouvé une combinaison très ingénieuse qui résoud le problème d'une façon aussi simple que pratique. Un premier appareil a été construit et essayé avec plein succès, aussi les Tramways de Neuchâtel vont-ils appliquer cette invention à toutes les aiguilles du réseau où la commande automatique est indiquée.

Le dispositif en question ne nécessite qu'un seul solénoïde, logé avec le mécanisme de commande dans une boîte métallique placée dans le sol, soit entre les deux rails, soit en dehors de la voie. Cette construction simplifie beaucoup la partie électrique dont le schéma est le même, quelle que soit la prise de courant : trolley, archet ou frotteur du caniveau souterrain. L'absence de mise à la terre directe, de même que de commutateur électrique, supprime tout pare-étincelle. Un seul coupe-circuit suffit pour protéger l'installation.

Afin de ne pas introduire en permanence le courant électrique de la ligne dans le solénoïde placé dans la chaussée — ce qui en temps de pluie ou de neige pourrait à la longue occasionner des courts-circuits par suite de la différence de potentiel d'environ 600 volts entre la ligne et la terre — il est prévu un relais, dont le rôle est de n'envoyer du courant dans le solénoïde que pendant le temps très court nécessaire au passage de la prise de courant des voitures (trolley) sous la section isolée de la ligne de contact. Ce relais est logé dans une petite boîte métallique, de construction légère, fixée contre un mur ou contre un mât supportant la ligne aérienne.

## Circuits électriques.

Ci-contre le schéma avec relais (voir fig. 1).

Le dispositif fonctionne comme suit :

1° S'il ne passe pas de voiture sous la section isolée *a* de la ligne de contact, ou si cette section est touchée par une voiture dont le régulateur de mise en marche est hors circuit — manette du wattman sur la touche zéro — il n'y a aucun débit de courant dans la bobine du relais, ou du moins qu'un

débit insuffisant alimentant seulement le chauffage et l'éclairage de la voiture ; dans ces conditions rien ne se passe ; l'appareil ne fonctionne pas ; l'aiguille reste dans sa position.

2° Si au contraire la voiture passe la section isolée *a* avec le régulateur de mise en marche ouvert — manette du wattman sur une des premières touches — le circuit est fermé. Le courant, dérivé de la source d'énergie au point *B*, passe par l'enroulement à fil fin de la bobine, en sort au point *C*, s'écoule dans la section isolée *a*, puis par le trolley dans les organes

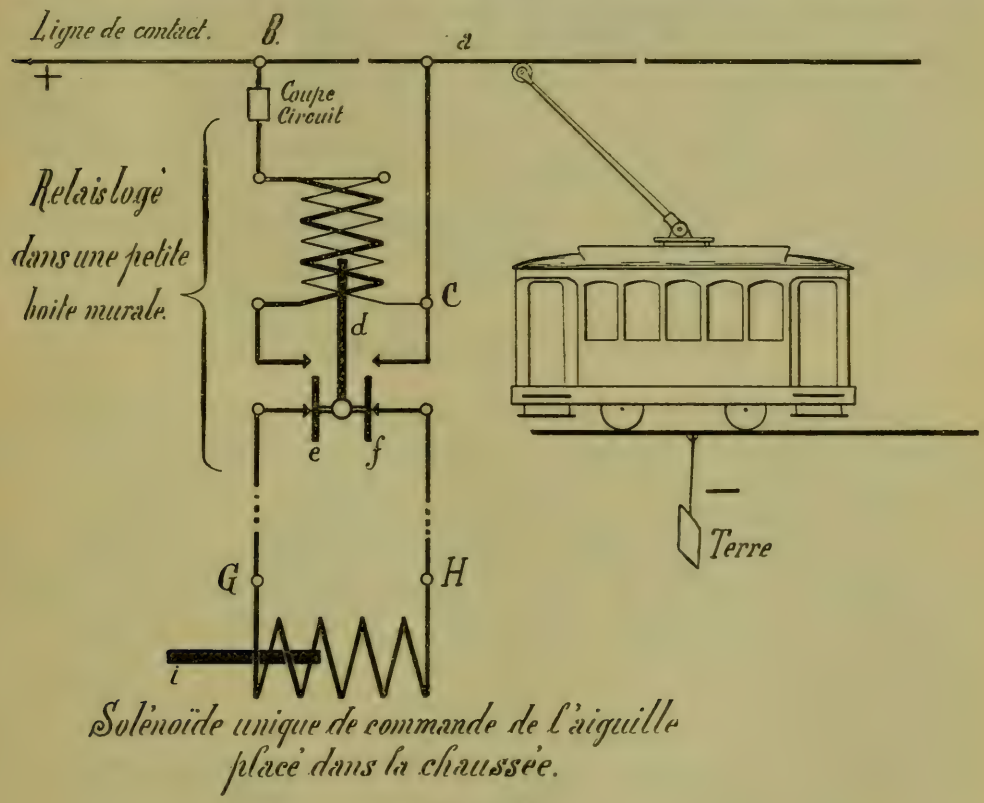



Figure 1.

électriques de la voiture et à la terre ou à la barre négative du caniveau souterrain. Ce premier circuit détermine dans la bobine un champ magnétique capable d'attirer le noyau *d* relié par un isolant électrique aux barres de contact *e* et *f*. Un second circuit est alors fermé, et le courant passe du point *B* à l'enroulement à gros fil de la bobine, lequel a pour but de maintenir l'attraction magnétique du noyau *d*, puis par la barre de contact *e* à la borne *G* du solénoïde ; le courant traverse cet organe, y détermine un champ magnétique, en ressort à la borne *H*, puis, passant par la barre de contact *f*,

gagne la section isolée *a* et enfin la voiture et la terre. Le noyau de fer *i* du solénoïde est attiré aussi longtemps que la prise du courant est en contact avec la section isolée *a*. Les enroulements électriques sont dimensionnés de telle façon que lorsque le courant, absorbé par les moteurs de la voiture, passe dans le solénoïde *G H*, dont la résistance électrique est faible, il ne passe qu'un courant insignifiant dans l'enroulement à fil fin du relais, où la résistance électrique est plus grande. L'intensité du courant qui traverse le solénoïde est déterminée par la résistance du circuit électrique de la voiture correspondant aux premières touches du régulateur de mise en marche et peut atteindre 25 à 50 ampères suivant les types de voiture; cette intensité, combinée avec un nombre de tours convenable de l'enroulement, permet d'obtenir l'effort voulu sur le noyau du solénoïde.

Ainsi qu'on le voit, ce schéma réduit la distribution électrique à sa plus simple expression.

## Mécanisme de commande.

Le mécanisme de commande constitue la nouveauté essentielle du dispositif. Ce mécanisme est monté avec le solénoïde dans une chambre métallique placée dans la chaussée.

L'enroulement du solénoïde est logé dans un cylindre de fonte d'acier portant sur un axe transversal deux tourillons qui peuvent se mouvoir dans deux coussinets dont les paliers sont fixés au bâti de la chambre; le solénoïde peut donc osciller, dans le sens de sa longueur, autour d'un axe horizontal. Un noyau est disposé dans le creux du solénoïde, déplaçable dans le sens longitudinal de son logement. Ce noyau est normalement appuyé contre la paroi antérieure par l'effet d'un ressort logé dans la partie postérieure du solénoïde. Le champ magnétique, engendré par le passage du courant électrique, attire le noyau en comprimant le ressort antagoniste; dès que le champ magnétique disparaît, le ressort se détend et maintient le noyau dans sa position normale contre la paroi antérieure du solénoïde.

Notons en passant que le ressort antagoniste, convenablement choisi, amortit le mouvement de déplacement du noyau sous l'influence du champ magnétique, ce qui évite ainsi la commande brutale de l'aiguille, que les partisans des dispositifs avec moteur reprochent aux dispositifs utilisant des solénoïdes.

Une tige rigide est fixée au noyau et sort du logement du solénoïde par une ouverture ménagée dans la paroi antérieure

de ce dernier; cette tige se termine à son extrémité libre par une fourchette dans les branches de laquelle est fixé un tourillon qui peut se déplacer dans la glissière d'une coulisse-manivelle oscillante, d'une forme appropriée, construite en acier forgé. Cette pièce est dite coulisse-manivelle parce

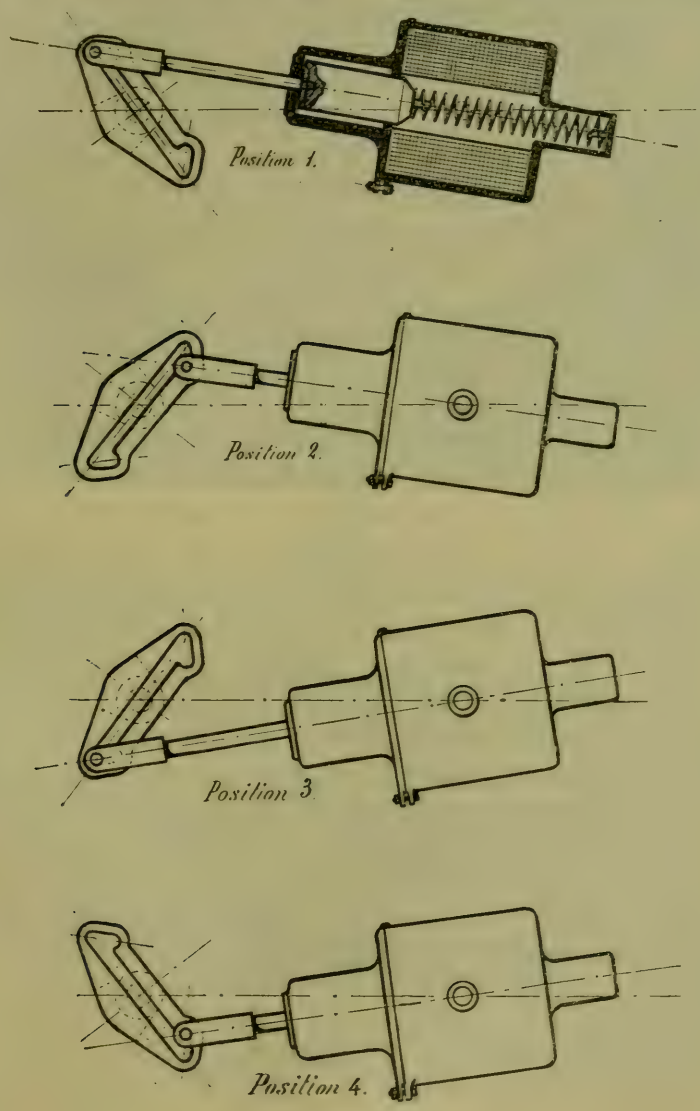



Figure 2.

qu'elle porte à sa face postérieure une manivelle dont le but est de reporter l'axe de rotation de la coulisse au centre de la glissière. La glissière de la coulisse-manivelle porte à chaque extrémité une encoche destinée à retenir le tourillon de la fourchette lorsque la tige du solénoïde est attirée.

Le fonctionnement de ce dispositif est simple et s'explique de lui-même par l'examen des croquis ci-dessus (voir fig. 2).

On voit que le mécanisme prend 4 positions successives :

1° Position normale correspondant à l'une des directions données à l'aiguille, à gauche par exemple. Le ressort antagoniste est détendu et appuie le noyau contre la paroi antérieure du solénoïde;

2° Le noyau est attiré sous l'influence du champ magnétique. Le tourillon de la fourchette s'engage dans l'encoche supérieure et entraîne la coulisse-manivelle qui oscille d'environ un quart de tour autour de son axe;

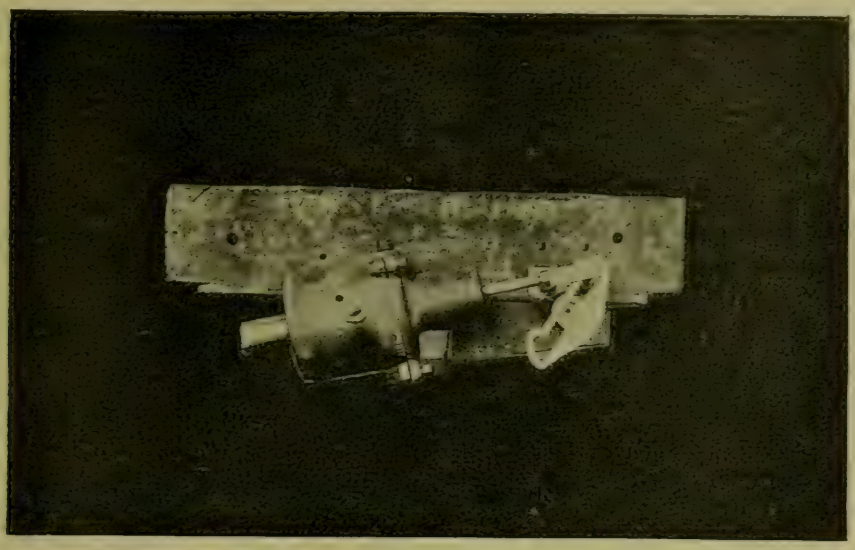
3° Le passage du courant est interrompu et l'action magnétique cesse. Le ressort antagoniste se détend en appuyant le noyau contre la paroi antérieure du solénoïde. Dans ce mouvement, le tourillon de la tige, dégagé de son encoche, vient appuyer contre la surface de glissement de la glissière, laquelle forme un angle obtus avec la direction de la tige, puis glisse le long de cette glissière jusqu'à sa partie inférieure; le glissement du tourillon sur la glissière de la coulisse-manivelle entraîne une rotation possible du solénoïde oscillant. Dès ce moment, le mécanisme est placé dans une position normale, opposée à la première; l'aiguille serait par exemple faite pour la direction à droite et le mécanisme est de nouveau armé.

4° Le fonctionnement indiqué sous chiffres 2 et 3 est répété, mais en sens opposé. Le cycle complet est achevé, pour recommencer au fur et à mesure du passage successif des voitures.

On obtient donc en définitive un mouvement de rotation sur l'axe de la coulisse-manivelle. Ce mouvement est alternatif; il est amplement suffisant pour commander la manœuvre des lames d'aiguilles, reliées à l'axe de la coulisse par un système mécanique convenable. Les aiguilles de voie sont généralement calées dans leur position à droite ou à gauche au moyen de contre-poids ou de ressorts, ce qui les empêche de se déplacer pendant le passage des trains. Rien n'est plus facile que de commander ce calage d'aiguille par l'intermédiaire d'un organe mécanique approprié, dont la construction varie du reste avec le type d'aiguille utilisé sur chaque réseau.

Les clichés ci-contre (fig. 3) représentent par exemple le dispositif de commande automatique adapté à une construction anglaise avec calage d'aiguille par ressorts; la chambre du mécanisme est simplement rivée à la boîte de manœuvre déjà existante de l'aiguille; l'organe mécanique intermédiaire, transmettant le mouvement de la coulisse au calage est un segment de roue dentée, engrenant avec la tige reliant les deux lames d'aiguille, la partie inférieure de cette tige étant

taillée en crémaillère. Il va sans dire que si l'aiguille était construite d'emblée en vue de la commande automatique, le mécanisme de commande ainsi que l'appareil de calage pour-



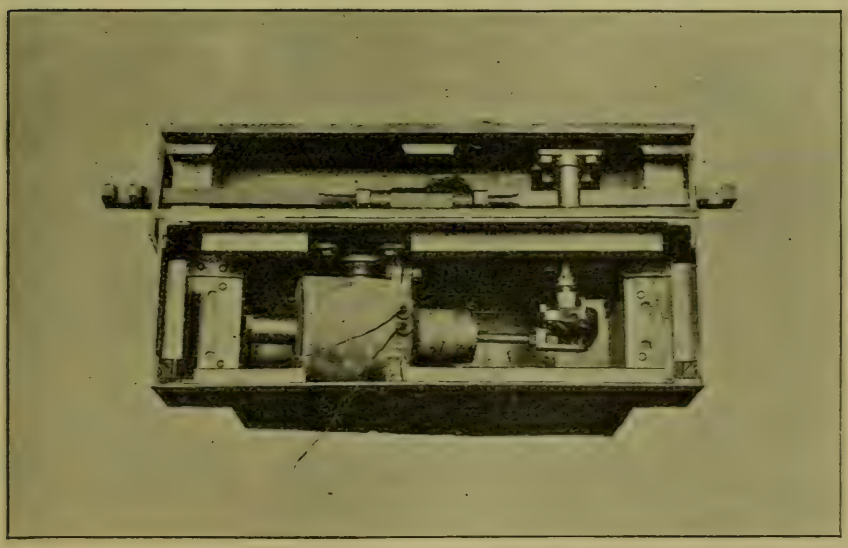


Figure 3.

raient être combinés ensemble et logés dans une même chambre ce qui entraînerait une notable simplification de l'installation. Disons à titre d'indication que nous avons étudié l'adaptation du dispositif à des aiguilles de construction allemande, type Phœnix, et qu'il nous a été possible d'obtenir

ainsi une très grande simplification des organes de transmission et de calage.

La chambre renfermant le mécanisme est construite de façon à ce que, par son étanchéité, elle soit le plus possible à l'abri des infiltrations d'eau et de poussière; elle est en outre reliée au collecteur prévu pour l'écoulement des eaux de l'aiguille.

## Manœuvre des aiguilles.

Avec l'appareil de commande automatique, tel que nous venons de le décrire, l'aiguille reste dans la position que lui a donnée en passant le wattman. La voiture suivante, pour autant du moins qu'elle ne prend pas la même direction, doit donc faire à nouveau l'aiguillage.

Si les circonstances l'exigent, on peut aussi disposer l'appareil de telle façon que l'aiguille soit normalement faite pour une direction constante, celle de la ligne droite par exemple. Il suffit alors que la voiture qui doit prendre une autre direction commande l'aiguille avant son passage, ce qui lui ouvre la voie de bifurcation, puis replace l'aiguille dans sa position normale par une nouvelle commande après son passage. Ce résultat est obtenu de la façon la plus simple en intercalant après l'aiguille une seconde section isolée dans la ligne de contact et en reliant électriquement cette seconde section à la première.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, les aiguilles sont commandées par le wattman à la distance de visibilité des lames. De nuit, l'éclairage des rues, de même que le feu de tête des voitures, ou encore une lanterne spéciale placée au besoin à proximité de l'aiguille, suffisent généralement pour assurer cette visibilité; si tel n'était pas le cas, il serait facile d'ajouter à l'appareil un système de signaux constitué par des lampes à incandescence de couleurs différentes, dont l'allumage serait commandé par la rotation même de la coulisse du mécanisme.

Ajoutons que si, pour une cause ou pour une autre — interruption du courant électrique, avarie, etc. — le dispositif ne fonctionnait momentanément plus, la manœuvre à la main de l'aiguille n'est nullement gênée du fait de la présence du dispositif de commande.

La dépense d'énergie pour le fonctionnement du dispositif est insignifiante; le courant absorbé par les enroulements est en effet très faible; la consommation d'énergie n'a du reste

lieu que pendant le passage très court des voitures dont le circuit électrique est fermé, sous la section isolée de la ligne de contact. En outre, la construction simple et robuste du mécanisme réduit les dépenses d'entretien — nettoyage et graissage — à leur plus simple expression. Les frais de premier établissement sont également très réduits par suite de la simplification des organes électriques et mécaniques.

Disons enfin que le dispositif que nous venons de décrire a été combiné avant tout en vue de la commande automatique des aiguilles de tramways, mais qu'il est susceptible de trouver de nombreuses autres applications, par exemple pour la commande à distance des aiguilles et signaux de chemin de fer, de même que pour la commande de n'importe quel mouvement alternatif à course limitée.

# SUR DES CRISTALLISATIONS DE CALCITE

## DANS DES EAUX SOUTERRAINES

PAR LE Dr H. SCHARDT

(AVEC UNE PLANCHE ET CINQ CLICHÉS)

En visitant la galerie qui conduit les eaux de la source du Pont-de-Pierre à travers la colline de Sonzier sur Montreux, j'ai été frappé de trouver, soit dans des caniveaux servant à l'évacuation d'eaux d'infiltration, soit dans des eaux stagnantes, des cristallisations de calcite extrêmement curieuses, remarquables surtout par la rapidité avec laquelle elles ont dû se former. Il y en a de trois sortes. Dans les caniveaux, donc dans l'eau courante, se forment des cristaux concrétionnés en forme de champignons ou bien encore semblables à des madrépores de forme très gracieuse. Du plafond de la galerie descendent des stalactites excavées, qui, au lieu d'être cylindriques, présentent de singuliers rétrécissements qui les font paraître comme festonnées. A la surface des eaux stagnantes se forment des radeaux de calcite, si bien que ces cavités paraissent occupées par de l'eau en voie de congélation.

Cette galerie est donc un vrai laboratoire de cristallisation et je me promis d'y retourner spécialement en vue de récolter suffisamment de renseignements sur le mode de formation de ces cristallisations et de prélever assez de matériaux pour qu'un spécialiste en pût entreprendre l'étude cristallographique. Presque à la même époque parut dans les *Nouveaux Mémoires de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie* le remarquable mémoire de M. W. PRINZ, professeur à l'Université libre de Bruxelles, sur les « Cristallisations des grottes de Belgique » (1908). J'y trouvai décrites diverses formes stalactitiques analogues à celles que j'avais observées dans la galerie de Sonzier; je n'y trouvai pas mentionné par contre les radeaux flottants de calcite. Mon savant collègue de l'Université libre de Bruxelles a bien voulu se déclarer prêt à étudier

les échantillons de Sonzier et ayant reçu presque en même temps de nouveaux types de cristallisations calcitiques de la grotte de Clermont (Huy, Belgique), il a profité de cette circonstance pour publier un supplément à son mémoire. Il a bien voulu m'autoriser à reproduire dans la présente note ses constatations cristallographiques et M. le baron Greindl, secrétaire général de la Société belge de Géologie, d'Hydrologie et de Paléontologie, a eu l'amabilité de me prêter les clichés y relatifs.

## Situation de la galerie.

Cette galerie est à pente unique, étant destinée à conduire à travers la colline de Sonzier l'eau de la source du Pont-de-Pierre qui fournit à la ville de Lausanne une partie de son eau potable. Elle entre sous terre dans le ravin de la Baye de Montreux à la cote de 650 m. et débouche un peu plus bas à 300 m. au N.W. du village de Sonzier, au bord du chemin de fer M.-O.-B. ; sa longueur totale est de 940 m. et sa plus grande profondeur au-dessous de la surface du terrain est de 90 m. environ. L'entrée amont est dans les schistes marneux du Lias supérieur, tandis que la sortie se trouve dans les couches marno-calcaires du Rhétien. Les calcaires dolomitiques du Trias affleurent à proximité un peu en aval dans la tranchée de la voie. Elle traverse donc toute l'épaisseur du Rhétien, du Lias inférieur et moyen, et une faible longueur de schistes du Lias supérieur. Les longueurs revenant à chacun de ces terrains ne peuvent pas être déterminées exactement dans l'état actuel de la galerie, parce qu'elle est revêtue de maçonnerie sur une grande partie de sa longueur. Je suppose que les premiers 18 m., dès l'embouchure N.W. qui sont maçonnés, se trouvent dans la moraine; le Rhétien occupe probablement la longueur de 19 à 107 m., tandis que jusqu'à 250 m. se placeraient les marnes et les calcaires hettangiens (Infra-Lias); les calcaires sinémuriens et charmouthiens occuperaient tout le reste jusqu'à 925 m., où commence sur 15 m. une partie maçonnée dans les schistes toarciens jusqu'à l'embouchure amont.

La direction des couches est oblique à l'axe de la galerie, formant avec celui-ci un angle d'environ 60°. Mais la galerie n'est pas rectiligne; il y a plusieurs coudes qui sont sans doute involontaires et dûs à des erreurs d'alignement.

L'eau de la source du Pont-de-Pierre coule à travers la galerie dans un canal en ciment, couvert de dalles qui ne

remplit qu'une partie de sa largeur, en particulier dans les parties non maçonnées. Là il existe, entre le rocher et le canal, un espace libre, large de 50 à 60 cm. et d'une profondeur pouvant aller jusqu'à 80 cm., où les eaux d'infiltration peuvent s'accumuler à l'état presque stagnant, car leur seule voie d'écoulement se fait actuellement par suintement lent à travers le rocher lui-même, pour autant qu'elles ne parviennent pas à pénétrer dans le canal qui est cependant bien cimenté, ou qu'elles ne s'évaporent pas sous l'action du courant d'air lent qui traverse la galerie, grâce aux petites ouvertures pratiquées dans les deux portes en fer qui en ferment les entrées. Dans les endroits ainsi conditionnés, l'eau atteint latéralement presque la hauteur des dalles de couverture du canal, sur lesquelles on marche. Autrefois les eaux d'infiltration qui sont assez abondantes, comme il sera montré plus loin, pouvaient pénétrer librement dans le canal qui servait pour ainsi dire de drain collecteur; elles augmentaient donc d'une façon appréciable l'eau potable utilisée. Mais, la nature superficielle de nombre de ces petites sources et la constatation que leur qualité ne correspondait pas à celle d'une bonne eau potable, a motivé, il y a moins de dix ans, la construction d'un petit canal collecteur placé du côté N.E. (montagne), où se trouvent les plus nombreuses infiltrations; ce canal évacue la plus grande partie de ces eaux dans la direction aval; une partie de celles qui sourdent proche de l'embouchure amont a pu être évacuée par cette dernière, en profitant de la hauteur de leur point d'émergence au-dessus du fond de la galerie. Ce petit canal collecteur consiste en un caniveau de ciment placé sur la plus grande longueur au-dessus du canal aqueduc contre la paroi N.E. de la galerie. Les quelques infiltrations provenant de la paroi opposée y ont été introduites par des conduites en fer passant parfois en siphon renversé sur le fond de la galerie ou au niveau du canal aqueduc. Je suppose que ces siphons sont actuellement pour la plupart obstrués par les dépôts stalactitiques que secrète cette eau. Le captage de ces infiltrations s'est fait aussi de ce côté au moyen de caniveaux fixés contre la paroi de la galerie, le long des zones d'infiltration. Mais on n'a naturellement pu recueillir ainsi que les suintements sortant *au-dessus* du caniveau collecteur; les eaux qui suintent au-dessous doivent forcément s'accumuler entre la paroi de la galerie et l'aqueduc; c'est dans ces flaques d'eau presque stagnante que s'accomplissent, en partie, les phénomènes de cristallisation qui font l'objet de cette étude. Il est bien possible qu'avant les

travaux de captage et d'évacuation de ces eaux, lorsque celles-ci s'écoulaient dans l'aqueduc, les conditions furent différentes de celles d'aujourd'hui, et les phénomènes de cristallisation se faisaient peut-être différemment. Mais ce ne peut concerner que les cristallisations qui s'accomplissent dans les eaux stagnantes à côté du canal, tandis que les cristallisations observées dans les caniveaux ne se faisaient pas, puisque ceux-ci n'existaient pas; par contre les formations stalactitiques au plafond de la galerie devaient se produire sans aucune modification.

Il est intéressant, avant d'aborder l'étude des cristallisations, d'examiner la nature des eaux qui pénètrent dans la galerie.

## Nature des eaux d'infiltration.

Ces infiltrations sont très variables comme débit. En temps de sécheresse, elles se réduisent pour la plupart à très peu de chose; quelques-unes des plus volumineuses et des plus constantes ont été conservées comme appoint de l'eau potable, après qu'on eût constaté leur bonne qualité. La suppression des autres a pu se faire sans inconvénient, vu qu'elles sont abondantes lorsque la source du Pont-de-Pierre l'est aussi, et aux basses eaux il n'en reste que peu de débit, au moins pour les infiltrations qui ont pu être captées. Celles, par contre, qui alimentent les flaques d'eau dans lesquelles se font les cristallisations en radeau, doivent avoir un débit très constant, puisque ce sont les infiltrations du fond et des parois inférieures de la galerie. D'un autre côté, le fond doit être bien étanche, car ces cristallisoirs sont constamment pleins jusqu'au niveau du canal, il n'y a donc pas d'influences perturbatrices résultant des changements de niveau.

Contrairement à ce qu'on pourrait présumer, les eaux dans lesquelles se forment les cristallisations ne sont pas particulièrement chargées de carbonate de chaux. Le degré hydrotimétrique d'aucune ne dépasse 32° (degrés français) et la teneur en matière minérale ne dépasse que de peu 330 milligrammes par litre. La faculté de déposer le carbonate de chaux est donc le résultat de circonstances locales extérieures, car dans des conditions ordinaires, soit en supposant un écoulement normal et abondant, de telles eaux ne devraient pas déposer leur calcaire dans des canaux souterrains.

Voici les déterminations faites sur quatre des principales infiltrations de la galerie de Sonzier :

| Distance de l'embouchure N.W. | Température | Degré hydrotimétrique total | Degré hydrotimétrique permanent | Résidu solide par litre Séché à 150° | Résidu solide par litre calciné |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. 90 m. | 8°,7 C. | 27° | 7° | 0g,264 | 0g,208 |
| 2. 150 m. | 7°,7 C. | 28° | 7° | 0g,268 | 0g,220 |
| 3. 580 m. | 10°,2 C. | 31° | 7° | 0g,330 | 0g,264 |
| 4. 850 m. | 8°,8 C. | 32° | 7° | 0g,3375 | 0g,278 |

Comme on voit, il n'y a dans ces eaux rien qui justifie une formation particulièrement rapide de la précipitation du carbonate de chaux, au moins si l'on envisage la quantité de ce dernier seul. J'ai constaté toutefois que la précipitation chimique du carbonate de chaux se fait avec une plus grande facilité dans les eaux qui contiennent en même temps une certaine quantité de sulfate de chaux, sans que je puisse bien nettement me rendre compte du pourquoi de ce phénomène. Ainsi, les sources des environs de Thomex sur Clarens, qui ont constitué le rocher tuffeux de «Sex que pliau», contiennent 1g,342 de sulfate de chaux et 0g,2975 de carbonate de chaux. Ce dernier se dépose avec une rapidité surprenante, aussitôt que l'eau vient à ruisseler à la surface du terrain, ou qu'elle est en mouvement d'une manière quelconque au contact de l'air extérieur. On ne peut empêcher l'obstruction des conduites qu'en les faisant couler entièrement pleines et sous pression.

Cette influence encore hypothétique, j'en conviens, de la présence du sulfate de chaux sur la précipitation du carbonate de chaux, est-elle pour quelque chose dans la formation des cristallisations qui nous occupent? Je n'ose me prononcer catégoriquement, attendu que la quantité de sulfate de chaux dans les eaux de la galerie de Sonzier est plutôt faible, mais la proportion du carbonate de chaux est plutôt forte. Il n'est donc guère indiqué de voir une influence moléculaire quelconque entre le sulfate et le carbonate de chaux comme cause de la facile précipitation de ce dernier, en particulier de la remarquable cristallisation en croûtes ou pellicules flottantes à la surface d'une eau absolument tranquille. On est forcé de ne voir ici qu'une influence extérieure, due sans doute à l'échappement de l'acide carbonique qui maintient le carbonate de chaux en dissolution sous forme de bicarbonate, donc en solution acide. La cristallisation dans les eaux en mouvement s'écoulant dans les caniveaux ou suintant du plafond ou des parois de la galerie ne présente, dans ces conditions,

aucune anomalie, sauf la rapidité de la formation des agrégations cristallines, fait sur lequel nous reviendrons dans la description qui va suivre. C'est d'ailleurs dans la région entre 500 et 900 m. que se forment les cristallisations, dans des eaux du type 3 et 4, donc les plus fortement minéralisées.

## Description des cristallisations.

Il y en a de trois sortes : celles qui se forment à l'état de pellicules cristallines à la surface de l'eau stagnante ; celles qui se développent en submersion à l'intérieur de l'eau ; enfin les stalactites proprement dites qui naissent à la calotte ou sur les parois de la galerie.

### *1. Pellicules et radeaux flottants.*

Au point de vue morphologique, ce sont des cristallisations naissant librement, sans aucun point d'attache à la surface de l'eau, sous forme de cristaux flottants extrêmement petits, auxquels s'en ajoutent d'autres, en sorte que d'un centre de cristallisation se développe peu à peu une mince plaquette arrondie aux bords légèrement relevés et très finement dentelés, ressemblant dans sa forme à un mince pain à cacheter. Cette dernière ressemblance est rendue encore plus frappante par la surface supérieure qui présente un aspect lisse à éclat satiné. La surface inférieure par contre est hérissée de minuscules pointes cristallines. Le bord est ordinairement garni de lamelles relevées et plus tard de pointes un peu plus grandes. La forme arrondie ne se conserve pas longtemps et les contours prennent des formes sinueuses et lobulées. D'ailleurs, les centres de cristallisation étant très nombreux, il se forme bientôt des radeaux plus grands qui se soudent au début par de simples points de contact, laissant des intervalles d'eau libre que l'accroissement des bords recouvre et cicatrise peu à peu complètement. C'est en grand absolument ce qu'on voit se passer au laboratoire dans une cuvette de cristallisation, avec la différence cependant qu'ici le phénomène de cristallisation paraît exclusivement limité à la surface du liquide et se fait très rapidement. Dans l'un des bassins, dans lequel j'avais enlevé ou fait sombrer tous les radeaux qui le recouvraient, j'ai trouvé moins de quatre mois plus tard une nouvelle pellicule en formation déjà assez avancée.

La forme de ces pellicules et radeaux est donnée par les figures 1 à 4 de la planche annexe à cette note. Les trois premières figures montrent très bien la forme lobulée résultant de la soudure d'une multitude de centres de cristallisation dont les intervalles ont été cicatrisés, ce qui ressort de la teinte légèrement grisâtre laissant percer par transparence le fond de papier noir. La figure 3 montre même un espace libre assez grand à côté de plusieurs lacunes plus petites. La figure 2 est celle d'un petit radeau vu de la surface inférieure en dessus. On remarque fort bien la nature plus rugueuse et non satinée, d'où la différence de teinte que présentent les figures 1 et 3 qui ont la face supérieure en dessus. Celle-ci n'est cependant pas entièrement lisse, pas plus que celle du pain à cacheter avec lequel elle présente tant de ressemblance. Tandis que chez ce dernier ce sont sans doute les grains d'amidon qui déterminent l'éclat satiné, lorsqu'on le regarde obliquement, chez nos radeaux de calcite ce sont les surfaces d'innombrables et très petits cristaux orientés dans tous les sens possibles qui en sont la cause, car cet éclat est le même de quel côté qu'on regarde la surface, pourvu qu'on se place sous un angle assez oblique par rapport à celle-ci.

Au début, les radeaux n'ont qu'une épaisseur de $0^{mm},05$ à $0^{mm},1$. Il n'est donc pas étonnant qu'ils puissent se maintenir à l'état flottant à la surface de l'eau. Cette épaisseur ne s'accroît guère au-delà de $0^{mm},2$ à $0^{mm},3$, pendant la formation de la pellicule entière. C'est l'épaisseur des échantillons des figures 1 à 3. J'ai de nombreuses pellicules provenant de flaques presque entièrement recouvertes, et dont l'épaisseur est d'environ $0^{mm},25$. Il s'en dégage la conclusion que l'accroissement des radeaux se fait surtout par leurs bords, en raison même de la rapidité de leur développement. La cause en doit être l'échappement de l'acide carbonique à la surface du liquide, ce qui force le carbonate neutre de chaux à se précipiter au fur et à mesure. Ce n'est qu'après l'achèvement de cette couverture cristalline que l'accroissement en épaisseur paraît se poursuivre. Mais alors intervient une nouvelle influence, par l'action de la pesanteur que la faible épaisseur des lamelles mettait presque hors de cause jusqu'ici.

Dès que ces radeaux flottants atteignent une épaisseur de 1 mm., leur stabilité devient problématique et si l'adhérence des divers éléments n'est pas bien grande ils se brisent et coulent au fond morceau par morceau. Ceux qui sont restés libres doivent sombrer fatalement dès que leur épaisseur dépasse 1 mm. La figure 4 montre une telle lame qui a pu

persister après que son épaisseur avait atteint 1 mm. On remarque fort bien la différence en la comparant aux figures 1 à 3 qui n'ont que 0mm,2 à 0mm,3. L'accroisement en épaisseur modifie considérablement le calibre des cristaux qui deviennent plus gros autant sur les bords que sur toute la surface inférieure; mais la surface supérieure se modifie aussi, ce que la photographie permet de saisir fort bien. Le délicat éclat satiné disparaît et toute la surface devient rugueuse et mate, interrompue seulement par-ci par-là par l'éclat de quelques pointements de cristaux qui dépassent cette surface. Alors les deux faces de lamelles se ressemblent beaucoup.

L'accumulation des radeaux sombrés au fond des bassins, où ils s'agglomèrent, produit la formation d'une roche tuffacée feuilletée. Ainsi s'explique la formation de la roche bien connue du tuf lamellaire ou feuilleté.

Les caractères texturales et cristallographiques de ces radeaux cristallins sont exposés comme suit par M. Prinz:

« Les observations minéralogiques sont rendues difficiles par la petitesse des cristaux, leur enchevêtrement et leur structure dendritique.

« D'après ce que j'ai pu observer, les membranes de calcite débutent par des cristaux de quelques centièmes de millimètre à peine, soudés les uns aux autres. Plus tard les vides se comblent et la surface devient lisse, conformément à ce que M. Schardt a constaté. L'épaisseur est alors de 0mm,1 à 0mm,15. Chaque membrane ayant un contour vaguement circulaire ou déchiqueté, il reste, lorsqu'elles se joignent les unes aux autres, des espaces plus lents à se combler. Comme en ce moment le petit radeau a déjà un certain poids, il tend à s'enfoncer. La cristallisation se continue pendant ce mouvement de descente et borde la pellicule de cristaux dendritiques assez grands (1 à 2 mm.), légèrement relevés vers le haut. Il en est de même dans les vides de la plaque, en sorte que celle-ci se trouve couverte de petites surélévations formées des mêmes dendrites.

« Certains des feuillets de la galerie de Sonzier montrent nettement, par la disposition de ce remplissage dendritique, qu'ils cicatrisent des déchirures dans la membrane de calcite, alors qu'elle était assez épaisse.

« Dans les grottes, ces pellicules s'attachent volontiers aux parois du réservoir qui les contient, elles acquièrent de la résistance et les cristaux qui les bordent, ceux dont la surface inférieure est garnie, peuvent se développer considéra-

blement. Les mouvements de l'eau, la chute de débris des voûtes finissent cependant par les briser et en couler les fragments.

« Les pointements qui recouvrent la face inférieure des lamelles de la galerie de Sonzier présentent la combinaison du rhomboèdre *p*, avec un inverse courbe. » (Voir fig. 1 dans le texte.)

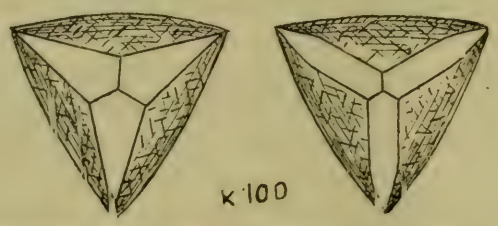



*Fig. 1.* Cristaux de la face inférieure des radeaux flottants.

M. Prinz a eu l'obligence de me signaler que le même phénomène de cristallisation, en forme de radeaux flottants, a été observé dans certaines grottes de Belgique, notamment dans celle de Clermont et dans celle de Lugihoul. Mais, en général, les croûtes sont plus épaisses et les cristaux plus grands. Je suppose qu'il s'agit ici d'une différence locale, tenant à l'influence de la température et surtout du renouvellement de l'air, influences qui favorisent à la fois l'échappement de l'acide carbonique et l'évaporation de l'eau. Ces influences sont très prononcées dans la galerie de Sonzier, grâce à sa faible profondeur au-dessous de la surface et au fait que les deux portes ne ferment pas hermétiquement étant munies d'ouvertures pour la circulation de l'air. C'est à ces circonstances qu'il faut attribuer la rapidité de la cristallisation, donc les très petites dimensions des cristaux, tandis que dans une grotte la température reste assez constante et la circulation de l'air, si elle a lieu, ne provoque guère une évaporation sensible de l'eau.

Ici, la lenteur de l'évolution des cristaux fait que ceux-ci deviennent bien plus grands. C'est la même différence que celle que l'on constate dans un cristallisoir dans lequel on fait évaporer une solution saline tantôt rapidement, tantôt lentement. Dans le premier cas, les cristaux sont nombreux et petits, dans le second, ils sont peu nombreux et deviennent peu à peu très grands.

Des échantillons de croûtes cristallines, provenant de la grotte de Tilff en Belgique, que M. Prinz a bien voulu m'envoyer, montrent d'une manière frappante cette différence.

Les cristaux qui hérissent la surface, et surtout ceux qui garnissent les bords libres des croûtes, mesurent 3 à 4 mm. de longueur; l'épaisseur de ces croûtes mesure 2 à 3 mm., sans compter les saillies formées par les cristaux qui en garnissent la surface. Je pense que ces croûtes ne peuvent atteindre cette épaisseur qu'en se fixant sur les bords du bassin. Dans la galerie de Sonzier cela ne se produit pas, et c'est par fusion de radeaux libres que se forment les pellicules continues. Un autre phénomène intéressant qui s'observe sur certains échantillons de la grotte de Tilff, c'est la formation de très grands cristaux à la surface et surtout sur les bords des croûtes adhérentes, lorsque l'eau monte. Ces grands cristaux croissent contre en haut et ceux du bord s'allongent jusqu'à la surface de l'eau, en formant des agrégats ressemblant à des fleurons ou à des calices.

### 2. *Cristallisations immergées.*

Les canaux en ciment, établis depuis 1900, sont le siège de cristallisations qui me paraissent remarquables par la rapidité de leur croissance. Tous les objets immergés par accident et tout ce qui fait aspérités sur les parois, les terminaisons de tuyaux de fer, etc., sont recouverts de croûtes cristallines concrétionnées, ayant parfois une assez grande épaisseur et parmi lesquelles il en est qui sont formées de cristaux assez grands. M. Prinz dit de ceux-ci :

« Les cristaux formés sur les objets immergés, quoique plus grands (1 à 2 mm.), sont trop peu nets pour qu'on puisse y reconnaître autre chose qu'un rhomboèdre inverse, courbe et terne, probablement $e^1$, constitué de sous-individus parallèles, avec des troncatures brillantes ; lorsque ces dernières faces sont plus largement développées, elles ont un dessin semblable à celui qui est représenté figure 142 (au milieu) de mon mémoire. » *(Cristallisations des grottes de Belgique.)*

Les formes cristallographiques ne présentent donc pas un intérêt bien considérable ; par contre, les formes d'agrégation de ces concrétions calcitiques sont des plus frappantes : la plus commune est la forme mamelonnée. Elle se rencontre dans presque toutes les incrustations d'objets ou de parties saillantes dans les canaux, surtout bien développée là où l'eau s'écoule vivement. La planche en représente un échantillon des plus typiques (fig. 5).

La forme la plus remarquable est celle représentée sur la planche, figure 6. Je la nomme concrétion madréporiforme, tant elle présente une ressemblance frappante avec une colonie de coraux. Il est possible que ce soient des fils d'araignées immergés qui ont servi de direction au développement de ces agrégats cristallins en cordons enchevêtrés.

### 3. *Stalactites.*

Il y a dans la galerie de Sonzier des stalactites et des stalagmites parfaitement typiques. Elles appartiennent pour la plupart à la forme classique ordinaire et n'atteignent d'ailleurs jamais une grande dimension, par le fait qu'on les casse habituellement pendant le passage. J'ai cependant été frappé par la présence de stalactites de très petites dimensions qui m'ont paru intéressantes, non seulement par leurs formes extérieures segmentées chez quelques-unes, mais surtout par leur texture poreuse, ce qui les rend extrêmement fragiles. J'en ai toutefois pu détacher un certain nombre. Voici ce que M. Prinz en dit :

« Elles sont de trois espèces :

« Les premières ont 3mm,5 de diamètre et sont constituées de lamelles dendritiques transparentes, dans les minuscules facettes *p*, très brillantes, miroitent à l'unisson sur une longueur de 1 cm. parfois. Ces dendrites sont à peine soudées les unes aux autres, en sorte

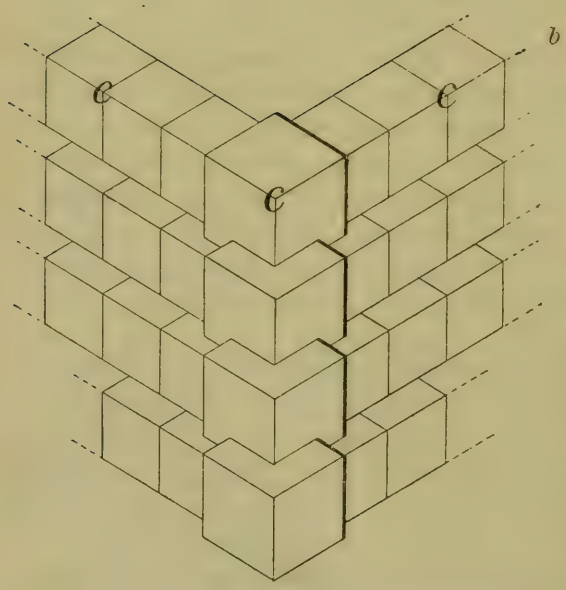



*Fig. 2.* Cristaux des stalactites.

que l'accroissement terminal du bâtonnet se fait par imprégnation.

« La figure 2*a* représente une de ces dendrites sous un grossissement suffisant pour qu'on puisse reconnaître que par son aspect et son mode de croissance, il est conforme au schéma placé au-dessous (fig. 2*b*). C'est un dièdre, dont l'arête est constituée par une file de rhomboèdres très nets et plus grands que ceux qui s'alignent dans la direction de deux de leurs arêtes culminantes. L'ensemble prend la forme d'une petite feuille aux nervures régulières, dont la direction d'allongement est à peu près parallèle à l'axe de la baguette stalactitique, dont elle fait partie. Le schéma établit que l'axe cristallographique *cc* est normal au papier; il est donc aussi approximativement perpendiculaire à l'axe de la stalactite. Cette orientation se vérifie par la figure d'interférence.

« Les stalactites de la seconde espèce, à faible coloration jaunâtre, ont un diamètre plus fort que les précédentes, soit 5 mm. environ. Elles possèdent un canal tout à fait excentrique, de plus de 2 mm. d'ouverture, servant au passage du liquide incrustant (fig. 3*a*). La section est donc analogue à celle que

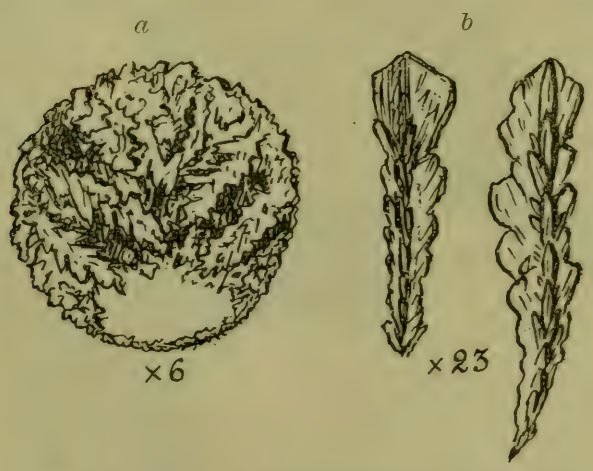



*Fig. 3.* Cristaux des stalactites jaunâtres.
*a*. Section d'une stalactite montrant le canal excentrique.
*b*. Rameaux dendritiques.

présentent souvent les baguettes cristallines de nos grottes (*Mémoire,* fig. 6). Mais il y a une différence capitale entre les deux espèces de stalactites, puisque celles de Sonzier ne sont pas le résultat d'empilements de rhomboèdres parallèlement orientés, constituant un tube lisse et résistant. Leur surface est granuleuse et l'intérieur consiste en petits rameaux

dendritiques à rapprocher des précédents, mais moins parfaits et moins longs, qui rayonnent plus ou moins vers le vide excentrique, sans se souder (fig. 3*b*). Aussi est-il facile d'écraser ces petits tubes entre les doigts.

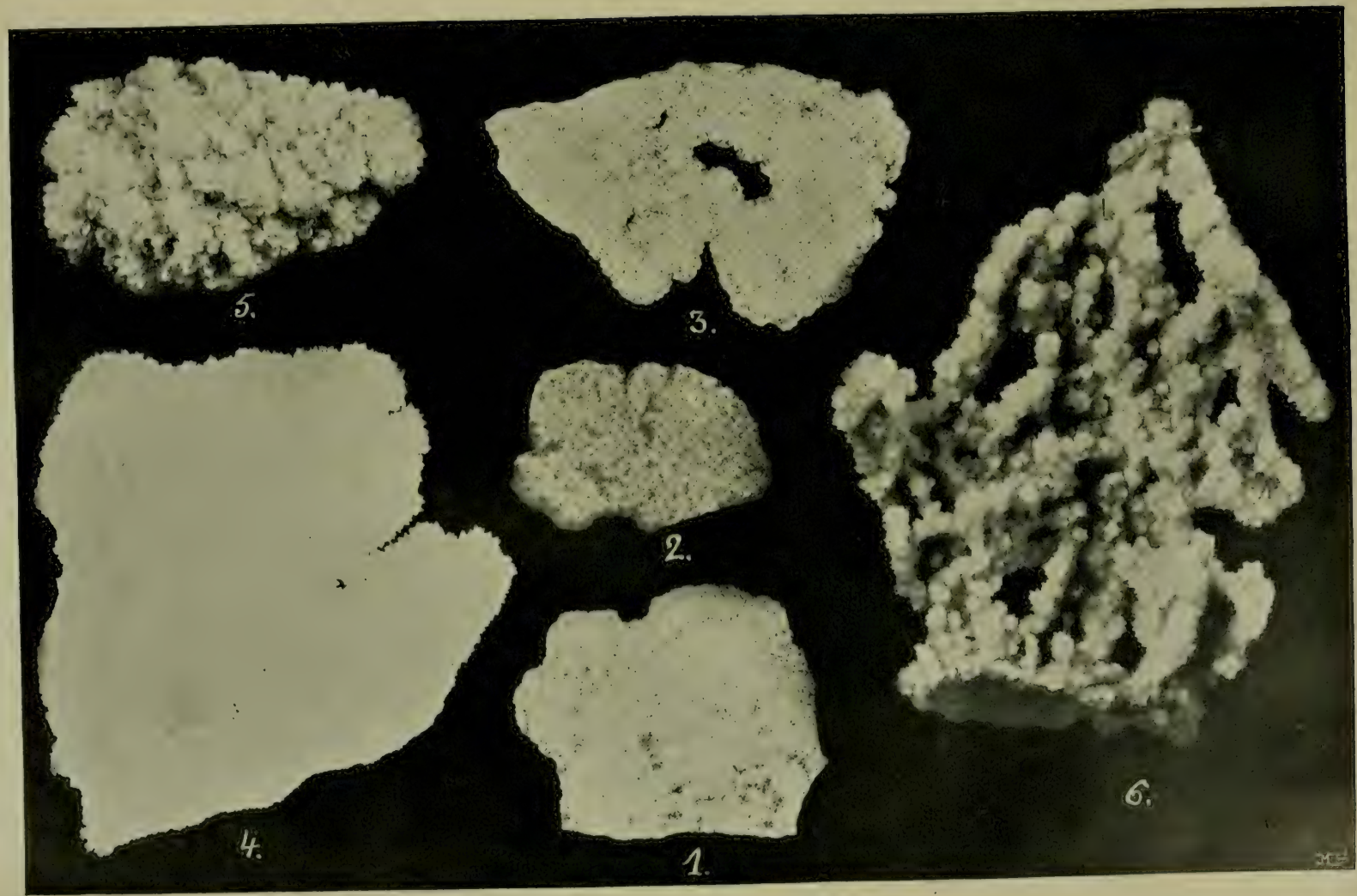
« Les stalactites de la troisième espèce sont minces (3 à 4 mm.), grenus, d'aspect scoriacé, ou composées d'articles irrégulièrement globuleux, parfois munis de petites épines (fig. 4). Quoique pleines, elles sont également très fragiles et tombent en poussière sous une faible pression. Elles sont constituées de petits rhomboèdres *p*, à structure en trémie, ainsi que de granules irréguliers composés d'agglomérations de rhomboèdres microscopiques.

× 2,5

*Fig. 4.*
Stalactite festonnée.

« Les articles de ces bâtonnets ont une tendance à se séparer les uns des autres suivant une surface sphérique lisse, sauf dans la partie centrale, où se fait la soudure. L'accroissement doit avoir lieu par imbibition. »

La faible consistance de ces stalactites est attribuable très probablement à la rapidité de leur formation, puisqu'elles sont brisées presque régulièrement lors de la visite de la galerie et se reforment aussitôt après. Elles diffèrent donc complètement de celles qui se forment dans les cavernes, comme aussi des tubes creux qui naissent sous les voûtes de ponts, viaducs, etc.




Cristallisations de calcite de la galerie de Sonzier.

*H. Schardt, phot.*

# ÉTUDE

SUR LES

# GUANYLTHIURÉES HEXASUBSTITUÉES

PAR JAMES BURMANN, LICENCIÉ ÈS SCIENCES PHYSIQUES

Dans le cours de leurs recherches, M. Billeter et ses élèves signalèrent en 1893 (B. 16, 1631) les pseudodithiobiurets pentasubstitués, corps basiques de constitution asymétrique; cette dernière est établie par leur formation même, puisqu'en faisant agir d'une part un chlorure thiocarbamique

$$S:C\begin{cases}NRR'\\Cl\end{cases}$$

sur une thiurée

$$S:C\begin{cases}NRR''\\NRH\end{cases}$$

d'autre part le chlorure

$$S:C\begin{cases}NRR''\\Cl\end{cases}$$

sur la thiurée

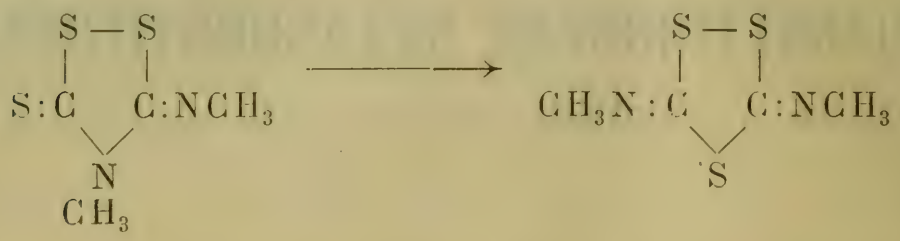
$$S:C\begin{cases}NRR'\\NRH\end{cases}$$

on obtient deux isomères que la chaleur transforme en un seul dithiobiuret neutre :

$$\begin{matrix}S:C\begin{cases}NRR'\\S\\NRR''\end{cases}\\RN:C\end{matrix} \longrightarrow S:C\begin{cases}NRR'\\NR\\NRR''\end{cases}$$

$$\begin{matrix}S:C\begin{cases}NRR''\\S\\NRR'\end{cases}\\RN:C\end{matrix} \longrightarrow S:C\begin{cases}NRR'\\NR\\NRR''\end{cases}$$

Freund (A. 285, 154) relate un fait analogue pour les sulfures de sénévol qui existent sous deux formes isomères, l'une basique, l'autre neutre et la chaleur suffit pour faire passer la première dans la seconde ; par exemple :



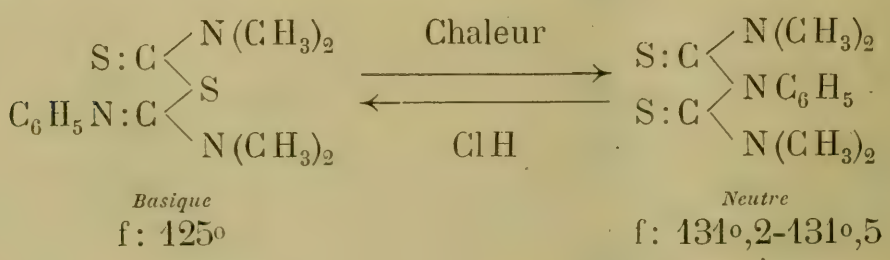
L'analogie va même plus loin ; sous l'influence des acides, la forme neutre du sulfure de méthylsénévol revient à sa forme basique et MM. Maret et Rivier ont constaté également cette transformation inverse pour tous les dithiobiurets où l'azote qui lie les deux atomes de carbone porte un radical aromatique.

Je me permettrai à cette occasion de citer le *tétraméthylphénylpseudodithiobiuret,* non encore décrit et que j'ai préparé à partir du chlorure diméthylthiocarbamique et de la diméthylphénylthiurée ; la solution du chlorhydrate traitée par la carbonate sodique, donne la base qui, reprise par l'éther, se présente sous forme d'une poudre cristalline dont le point de fusion déterminé rapidement avec un capillaire mince est de 125°. La fusion très nette est suivie immédiatement de solidification et il faut alors monter jusqu'à 131°,2-131°,5 pour voir réapparaître une nouvelle fusion.

Cette transposition est quantitative et se fait aisément aussi en chauffant quelques temps une solution alcoolique du ψ.

Le produit obtenu neutre, cristallise en gros cristaux jaunâtres solubles dans l'alcool, moins dans l'éther.

Si, dans la solution éthérée on fait passer un courant de ClH sec, il se précipite le chlorhydrate de la base primitive.



*Dosage du soufre d'après Carius :*

| | |
|---|---|
| Substance. . . . . | 0g,3849 |
| $SO_4Ba$ . . . . . | 0g,6742 |
| % S déduit . . . . . | 24,05 % |
| % S calculé . . . . . | 23,99 % |

Un dithiobiuret intéressant à cause des propriétés basiques qu'il pouvait présenter est certainement le pentaméthyldithiobiuret, que M. Rougeot obtint à partir du chlorure diméthylthiocarbamique et de la triméthylthiurée. La base se sépare de la solution concentrée du chlorhydrate par la quantité théorique de NaOH, à l'état d'une huile jaunâtre incristallisable, soluble dans l'alcool, l'éther, *dans 30 à 40 parties d'eau avec réaction alcaline,* ce qui permet de la titrer avec le méthylorange.

Elle se transforme lentement à froid, rapidement à chaud en l'isomère normal; de la solution aqueuse du ψ, le pentaméthyldithiobiuret normal se précipite peu à peu. Il est facilement soluble dans l'alcool et l'éther, *insoluble dans l'eau.* Jolis cristaux incolores fondant à 62°.

La question se pose de savoir quelle est dans les deux groupes de combinaisons, les sulfures de sénévol et les dithiobiurets, la raison du caractère basique ou neutre de deux séries d'isomères.

A première vue il ne paraît pas douteux que cette raison doive être cherchée dans le mode de liaison simple ou double des atomes d'azote et de soufre qui participent à la transposition.

Chez les dithiobiurets dont la constitution est indubitablement établie par les isoméries, le caractère basique serait alors en rapport avec le groupe C-S-C.

Or chez les sulfures de sénévols c'est précisément l'inverse qui a lieu, si nous admettons les formules de constitution que Freund leur attribue et dont il n'y a pas lieu, semble-t-il, de douter.

Il ne resterait alors plus qu'une seule analogie entre les combinaisons basiques d'une part et les neutres d'autre part des deux groupes de combinaisons :

Dans les deux cas aux combinaisons *neutres* correspondrait une répartition symétrique des valences des atomes de soufre et d'azote sur les atomes de carbone, aux combinaisons *basiques* une répartition asymétrique.

*Sulfures de sénévol.*

*Neutres*
Symétriques

$$\begin{array}{l} S-C:NR \\ |\quad\;\rangle S \\ S-C:NR \end{array}$$

*Basiques*
Asymétriques

$$\begin{array}{l} S-C:S \\ |\quad\;\rangle NR \\ S-C:NR \end{array}$$

*Dithiobiurets.*

$$\begin{array}{l} R_2N-C:S \\ \qquad\quad\rangle NR \\ R_2N-C:S \end{array} \qquad \begin{array}{l} R_2N-C:S \\ \qquad\quad\rangle S \\ R_2N-C:NR \end{array}$$

Il devait dès lors être intéressant d'examiner si réellement la symétrie ou l'asymétrie de la constitution de l'édifice moléculaire avait une influence sur le caractère neutre ou basique de certaines combinaisons organiques.

Comme premier objet proposé à l'examen de cette question semblaient se présenter les combinaisons résultant du remplacement des deux S des sulfures de sénévols par deux restes $NH_2$.

Ces combinaisons :

$$\begin{array}{l} R_2N-C:NR \\ \qquad\quad\rangle S \\ R_2N-C:NR \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} R_2N-C:S \\ \qquad\quad\rangle NR \\ R_2N-C:NR \end{array}$$

devaient se prêter d'autant plus qu'elles permettaient une comparaison avec les dithiobiurets, aussi M. le prof. Billeter m'engagea-t-il à en entreprendre l'étude.

Les substances mères de ces corps seraient les combinaisons que voici :

$$\begin{array}{l} H_2N-C:NH \\ \qquad\quad\rangle S \\ H_2N-C:NH \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} H_2N-C:S \\ \qquad\quad\rangle NH \\ H_2N-C:NH \end{array}$$

et une combinaison de cette composition est décrite sous le nom de *guanylthiurée* ou *thiodicyanodiamidine* (thiurée où un atome d'hydrogène est remplacé par le radical guanyle

$HNC' - NH_2$ ou bien encore substitution de l'oxygène par le soufre dans la dicyanodiamidine) obtenue par Rathke (B. 11, 962) en chauffant à 100° trois molécules de thiurée avec un molécule de $PCl_5$ et Bamberger (B. 16, 1460) en traitant la dicyanodiamide par une solution aqueuse d'$SH_2$.

$$C_2N_4H_4 + SH_2 = C_2H_6N_4S$$

La guanylthiurée ainsi obtenue est une base très soluble dans l'eau présentant une décomposition caractéristique à savoir la formation d'un précipité de sulfure d'argent lorsqu'on traite la base ou un de ses sels par l'oxyde ou l'azotate d'argent.

Les auteurs précités lui attribuent la constitution II

$$\begin{array}{l} H_2N - C \begin{cases} \diagup\!\!\diagup S \\ \diagdown NH \end{cases} \\ H_2N - C \begin{cases} \diagup NH \\ \diagdown\!\!\diagdown NH \end{cases} \end{array}$$

En supposant la première de ces formules les dérivés II devront être désignés du nom de guanylthiurées hexasubstituées et nous appellerons leurs isomères de constitution type I, pseudoguanylthiurées.

Deux chemins s'offraient à leur préparation :

1. Chloramidines et thiurées ;
2. Chlorures thiocarbamiques et guanidines.

Le premier pouvait conduire aux deux formes suivant que les thiurées agissaient sous la forme symétrique ou asymétrique devant ainsi fournir une contribution à l'étude des thiurées, tandis que le second conduit nécessairement à la forme II.

### *1. Chloramidines et thiurées.*

En faisant agir la chloramidine

$$RN:C \begin{cases} NRR' \\ Cl \end{cases}$$

sur une thiurée

$$S:C \begin{cases} NRR'' \\ NRH \end{cases}$$

puis le chlorure

$$RN:C\begin{cases}NRR''\\Cl\end{cases} \quad \text{sur} \quad S:C\begin{cases}NRR'\\NRH\end{cases}$$

*a)* $RN:C\begin{cases}NRR'\\Cl\end{cases}$ et $S:C\begin{cases}NRR''\\NRH\end{cases}$ ou $RN:C\begin{cases}SH\\NRR''\end{cases}$

$RN:C\begin{cases}NRR''\\Cl\end{cases}$ et $S:C\begin{cases}NRR'\\NRH\end{cases}$ ou $RN:C\begin{cases}SH\\NRR'\end{cases}$

ou bien encore

*b)* $R'N:C\begin{cases}NR_2\\Cl\end{cases}$ et $S:C\begin{cases}NR_2\\NRH\end{cases}$ ou $RN:C\begin{cases}SH\\NR_2\end{cases}$

$RN:C\begin{cases}NR_2\\Cl\end{cases}$ et $S:C\begin{cases}NR_2\\NR'H\end{cases}$ ou $R'N:C\begin{cases}SH\\NR_2\end{cases}$

il devrait en résulter : 1° si les thiurées agissent sous la forme symétrique deux combinaisons isomères

$$A)\quad \begin{matrix}RN:C\\S:C\end{matrix}\begin{cases}NRR'\\NR\\NRR''\end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{matrix}RN:C\\S:C\end{matrix}\begin{cases}NRR''\\NR\\NRR'\end{cases}$$

ou

$$B)\quad \begin{matrix}R'N:C\\S:C\end{matrix}\begin{cases}NR_2\\NR\\NR_2\end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{matrix}RN:C\\S:C\end{matrix}\begin{cases}NR_2\\NR'\\NR_2\end{cases}$$

et 2° si les thiurées agissaient sous la forme asymétrique, une seule combinaison symétrique qui serait neutre

$$A)\quad \begin{matrix}RN:C\\RN:C\end{matrix}\begin{cases}NRR'\\S\\NRR''\end{cases} \qquad B)\quad \begin{matrix}R'N:C\\RN:C\end{matrix}\begin{cases}NR_2\\S\\NR_2\end{cases}$$

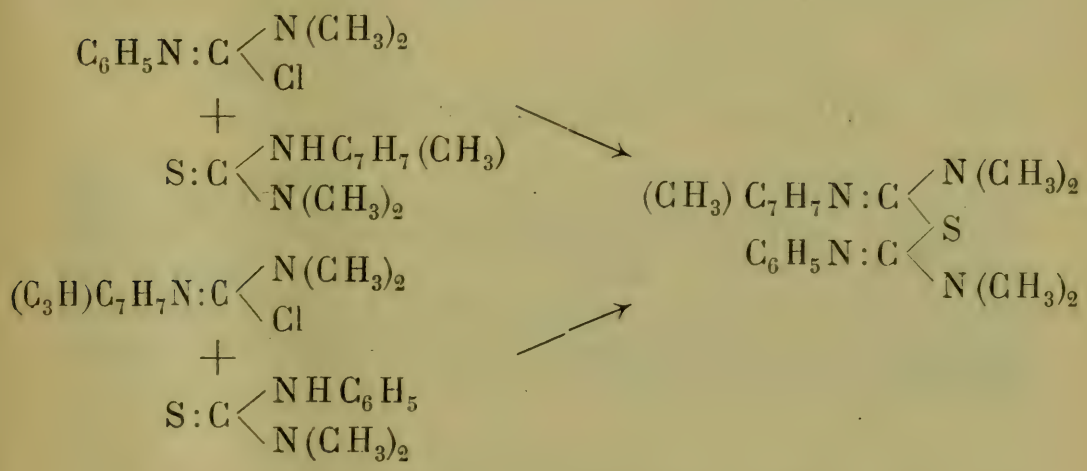
De l'identité ou non identité des produits de réaction, on pouvait aisément conclure à leur constitution asymétrique ou symétrique.

Les chlorhydrates prennent naissance par l'action à froid d'une chloramidine trisubstituée sur une thiurée tertiaire ; les alcalis mettent en liberté les bases, qui, contrairement à ce que nous présumions, ont une constitution symétrique.

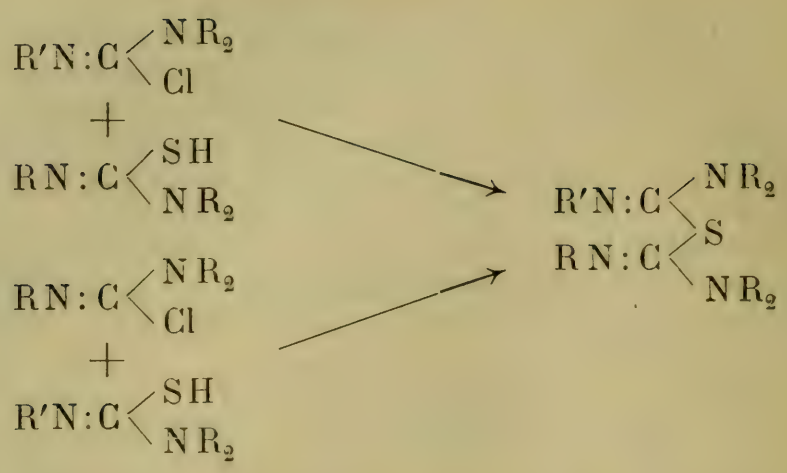
En effet, l'inversion des alkyles dans les chloramidines et thiurées ne donna qu'une même guanylthiurée hexasubstituée qui, de ce fait, possède une structure symétrique.

La *diméthylphénylchloramidine,* et la *diméthylphényltolythiurée,* la *diméthylphényltotylchloramidine,* et la *diméthylphénylthiurée* donne un produit identique fondant à 120°,6, la *pseudotétraméthyphényltolylguanylthiurée.*

De même la *diméthylphénylchloramidine* et la *triméthylthiurée,* la *triméthylchloramidine* et la *diméthylphénylthiurée,* fournissent la *pseudopentaméthylphénylguanylthiurée* symétrique fondant à 94°,6-94°,8.




Ces corps de constitution symétrique ont des propriétés nettement basiques et ne présentent pas le phénomène de transposition intramoléculaire. Dans ce cas, nous sommes forcés d'admettre que les thiurées avaient agi sur les chloramidines sous leur forme asymétrique. L'expérience a décidé en faveur de la deuxième alternative. Les produits de la réaction, qui se fait à froid, sont des chlorhydrates identiques, auxquels les alcalis enlèvent les éléments de ClH en fournissant des combinaisons identiques à caractères franchement basiques.




Ces conclusions peuvent être vérifiées par l'emploi de la deuxième méthode :

### 2. *Chlorures thiocarbamiques et guanidines.*

Les isomères ou guanylthiurées proprement dites ont été obtenues à partir de guanidines tétrasubsistuées et de chlorures thiocarbamiques bisubstitués, qui ne pouvaient nous donner que les corps où l'azote lierait les deux atomes de carbone, car on ne saurait attribuer aux chlorures thiocarbamiques une autre constitution que :

$$S:C\begin{cases} NR_2 \\ Cl \end{cases}$$

et aux guanidines :

$$RN:C\begin{cases} NR_2 \\ NHR \end{cases}$$

En effet ces deux corps réagissant, j'obtins les guanylthiurées :

$$\begin{matrix} S:C \\ RN:C \end{matrix}\begin{cases} NR_2 \\ NR \\ NR_2 \end{cases}$$

isomères des pseudo préparées au moyen d'une thiurée et d'une chloramidine :

$$\begin{array}{l} RN:C \begin{cases} NR_2 \\ S \\ NR_2 \end{cases} \\ RN:C \end{array} \quad *$$

Difficilement accessibles, je n'ai eu que quelques-uns de ces corps bien différents de leurs isomères ; ils sont amorphes et présentent également un caractère basique ; nous les avons identifiés par cryoscopie et comme leurs chlorhydrates cristallisent en général assez bien nous en fîmes l'analyse.

En résumé les combinaisons isomères appartenant aux deux séries :

$$\begin{array}{l} RN:C \begin{cases} NR_2 \\ S \\ NR_2 \end{cases} \\ RN:C \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} S:C \begin{cases} NR_2 \\ NR \\ NR_2 \end{cases} \\ RN:C \end{array}$$

sont donc *basiques* les deux tout en étant dépourvues de la faculté de subir la transposition intramoléculaire si fréquemment observée chez des combinaisons présentant des dispositions analogues.

Les guanylthiurées ne se prêtaient donc pas à la solution du premier point que nous nous étions posé tout d'abord, mais en revanche elles apportaient un nouvel argument intéressant

* Pour les partisans de la formule asymétrique des thiurées à cette formule

$$\begin{array}{l} S:C \begin{cases} NH_2 \\ NH \\ NH_2 \end{cases} \\ HN:C \end{array}$$

correspondrait la formule tautométrique

$$\begin{array}{l} HN:C \begin{cases} SH \\ NH \\ NH_2 \end{cases} \\ HN:C \end{array}$$

qui pourrait être discutée pour la combinaison non ou incomplètement substituée ; nous nous abstenons de le faire, car nous sortirions de notre sujet.

en faveur de la constitution des thiamides; dans la famille de ces derniers dont la formule est: $R - CSNH_2$, les thiurées forment une classe où R est un groupe $NH_2$ ou un de ses dérivés de substitution: $NH_2CSNH_2$.

Les thiurées comme les urées peuvent être représentées sous deux structures différentes, une normale ou symétrique, l'autre asymétrique :

$$S:C\begin{cases} NH_2 \\ NH_2 \end{cases} \quad \text{et} \quad HN:C\begin{cases} SH \\ NH_2 \end{cases}$$

Si les urées, dans leurs réactions, fonctionnent comme paraissant avoir une constitution normale, il n'en est pas de même des thiurées qui agissent presque toujours sous leur forme asymétrique

$$NH:C\begin{cases} SH \\ NH_2 \end{cases}$$

Dans sa thèse inaugurale sur les dithiobiurets pentasubstitués, M. Rivier a exposé d'une façon magistrale la question, thèse à laquelle nous nous référons pour ne mentionner que les résultats obtenus par M. A. Berthoud dans notre laboratoire.

Quelques doutes subsistaient encore quant à la constitution des thiurées, doutes soulevés à la suite des travaux de Goldschmidt, portant sur l'action du cyanate de phényle sur diverses substances supposées tautomères comme la thiocarbanilide.

Goldschmidt obtint en chauffant les deux corps à 180° de la carbanilide et du phénylsénévol d'où il conclut à l'analogie des deux combinaisons.

Reprenant les mêmes travaux, M. A. Berthoud arriva à une conclusion diamétralement opposée.

Le cyanate de phényle et la thiocarbanilide donnent un produit d'addition :

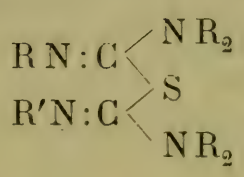
$$\begin{array}{r} O:C\begin{cases} NHC_6H_5 \\ S \end{cases} \\ C_6H_5:C\begin{cases} \\ NHC_6H_5 \end{cases} \end{array}$$

le triphénylpseudomonothiobiuret, dont la constitution ne laisse aucun doute, quant au mode d'agir de la thiocarbanilide.

Enfin il nous parut intéressant de donner une nouvelle

preuve de la constitution asymétrique des thiurées en étudiant leur action sur les chloramidines; comme il a été dit plus haut, celles-ci réagissent là encore sous leur forme asymétrique.

Les ψ guanylthiurées obtenues ainsi ont leurs atomes de carbone liés par celui de soufre et non par celui d'azote:



d'où nous concluons que dans l'action des chloramidines sur les thiurées, celles-ci fonctionnent nettement sous leur forme asymétrique.

Dans la partie qui suit on trouvera les résultats des expériences qui ont fait l'objet de cette étude.

---

## PARTIE EXPÉRIMENTALE

### Substances employées à la préparation des guanylthiurées.

**Phosgène.** — Le phosgène dont je me suis servi a été préparé par l'action de l'anhydride sulfurique (sol. 70 %) sur le tétrachlorure de carbone, et le produit brut ainsi obtenu a été purifié par distillation (D. ch. G., t. 16).

**Thiophosgène.** — Le thiophosgène provenait de la réduction du perchlorméthylmercaptan par le chlorure stanneux suivant la méthode décrite par MM. Billeter et Strohl (D. ch. G., t. 21, p. 102).

**Amines.** — La *méthylamine* employée a été préparée soit à partir de l'acétamide brômée (D. ch. G., t. 15, p. 762), soit au moyen de l'ammoniaque et du sulfate de méthyle. (Voir ma publication *Bull. Soc. chim.*, t. 35, p. 801.)

La *diméthylamine* a été faite d'après Bæyer et Caro (D. ch. G., t. 7, p. 964 et t. 8, p. 616), en décomposant le chlorhydrate de paranitrosodiméthylaniline par la soude. L'amine soigneu-

sement séchée a été condensée et conservée dans des tubes munis de robinets.

La *méthylaniline* et *éthylaniline* commerciales furent purifiées par cristallisation des chorhydrates et distillation des bases précipitées par la soude caustique.

**Uréthanes.** — Le *phénylurethane,* le *phényltolylurethane* et le *naphtylurethane* ont été obtenus en introduisant peu à peu une molécule de chlorocarbonate d'éthyle dans de l'eau glacée contenant deux molécules des amines correspondantes mises en suspension par une forte agitation mécanique. Les produits essorés, lavés et séchés dans le vide servirent à la préparation des :

**Cyanates.** — Les *cyanates de phényle,* de *p. tolyle* et de *naphtyle* provenaient de l'action de pentoxyde de phosphore sur les uréthanes. Dans de larges éprouvettes spéciales, on introduit intimement mélangés, 8 grammes de l'uréthane et 16 grammes de $P_2O_5$ ; on chauffe à la flamme lumineuse doucement d'abord, puis fortement; l'isocyanate distille et le produit de plusieurs opérations est fractionné. Le rendement atteint 80 %.

**Sénévols.** — Le *méthylsénévol* dont j'eus besoin a été tout d'abord préparé avec le thiophosgène et la méthylamine.

Le thiophosgène dissout dans quatre fois son volume de chloroforme et le chlorhydrate de méthylamine dans cinq fois son poids d'eau, tout en agitant on introduit peu à peu trois molécules d'une solution de soude caustique à 20 % environ. Il est bon de refroidir pendant l'opération à l'aide de morceaux de glace, évitant ainsi une élévation de température préjudiciable.

$$CSCl_2 + CH_3NH_2ClH + 3NaOH = CH_3NCS + 3H_2O + 3ClNa$$

La fin de la réaction est indiquée par une légère alcalinité du liquide aqueux. La solution chloroformique séchée, on chasse le solvant et le résidu est fractionné; j'ai obtenu ainsi des rendements variant de 60 à 65 %.

Récemment M. M. Délépine (Bull. Soc. chim., t. 3, p. 641) a apporté une heureuse modification à la méthode de Hofmann pour la préparation des sénévols aliphatiques, en décomposant les alkylthiosulfocarbonates de sodium par l'acétate bibasique de plomb :

$$CH_3NH-CS-SNa + CH_3COOPb-OH = CH_3N:C:S + H_2O + PbS + CH_3COONa$$

Depuis la publication du travail j'ai opéré suivant les indications de M. Délépine et les rendements furent très satisfaisants (75 à 80 %).

Le *phénylsénévol* et le *paratolylsénévol* ont été préparés au moyen de l'acide chlorhydrique sur la thiocarbanilide et la diparatolylthiurée d'après Weith et Merz (Zeitsch. f. Ch. 1869, 589). Quant au β-*naphtylsénévol* il a été fait en solution éthérée par l'action d'une molécule de thiophosgène sur trois molécules de β-*naphtylamine:*

$$3C_{10}H_7NH_2 + CSCl_2 = C_{10}H_7NCS + 2C_{10}H_7NH_2, ClH$$

La solution après filtration du chlorhydrate est concentrée et le sénévol brut purifié par cristallisation dans l'alcool.

**Urées trisubstituées.**

La *triméthylurée*

$$O:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHCH_3 \end{cases}$$

employée résultait de l'action de deux molécules de diméthylamine sur le chlorure de méthylurée obtenu par le phosgène sur le chlorhydrate de méthylamine à 250°-300° (Gattermann, Liebigs Ann. 244,34).

$$a)\ COCl_2 + CH_3NH_2ClH = O:C\begin{cases} Cl \\ NHCH_3 \end{cases} + 2ClH$$

$$b)\ O:C\begin{cases} Cl \\ NHCH_3 \end{cases} + 2(CH_3)_2NH = O:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHCH_3 \end{cases} + (CH_3)_2NH, ClH$$

Cette dernière réaction était faite dans l'éther et après élimination du chlorhydrate, par concentration, l'urée cristallise.

La *diméthylphénylurée*

$$O:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHC_6H_5 \end{cases}$$

a été préparée par la méthode de Michler (D. ch. G., t. 12, p. 1163) qui consiste à faire agir l'aniline sur le chlorure de diméthylurée provenant de la diméthylamine et du phosgène.

Comme j'obtenais toujours de médiocres rendements qui ne dépassaient jamais 15 %, j'ai abandonné dans la suite cette manière d'opérer. J'ai eu recours aux cyanates pour la préparation des urées tertiaires dont j'avais besoin. Une molécule de cyanate est dissoute dans environ dix fois son volume d'éther absolu, et on fait arriver en refroidissant une molécule de l'amine secondaire (léger excès). Les urées se précipitent sous forme cristalline avec un rendement quantitatif.

La diméthylphénylurée est très peu soluble dans l'éther (à 17°,5 seulement 0,63 %) contrairement à ce que prétend Michler. Recristallisée dans l'alcool, elle se présente en belles aiguilles incolores, fondant à 132°,5.

La *diméthylparatolylurée*

$$O : C \begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHC_7H_7p \end{cases}$$

préparée comme la précédente avec le cyanate de p. tolyle et la diméthylamine; jolies aiguilles solubles dans l'alcool, le chloroforme, très peu dans l'éther fondant à 154°,8.

*Analyse élémentaire :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,1914 |
| Acide carbonique obtenu. . . . | 0g,4711 |
| Eau obtenue. . . . . | 0g,1376 |
| Carbone déduit . . . . . | 67,28 % |
| Hydrogène déduit . . . . . | 8,00 % |
| Théorie C = 67,41 %; H = 7,87 % | |

La *diméthyl-β-naphtylurée* obtenue à partir de la diméthylamine et le cyanate de naphtyle, cristallise dans l'alcool en paillettes incolores, peu solubles dans l'éther et l'alcool froid fondant à 211°,2.

*Analyse élémentaire :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,1715 |
| Acide carbonique obtenu. . . . | 0g,4590 |
| Eau obtenue. . . . . | 0g,1038 |
| Carbone déduit . . . . . | 72,99 % |
| Hydrogène déduit . . . . . | 6,73 % |
| Théorie C = 72,89 %; H = 6,54 % | |

*Dosage de l'azote d'après Dumas :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,1899 |
| Azote obtenu . . . . . | 25cm3,2 |
| Température. . . . . | 12° |
| Pression barométrique . . . . | 733mm,9 |
| Azote déduit. . . . . | 13,19 % |
| Théorie . . . . . | 13,08 % |

La *méthylcarbanilide* a été préparée par l'action de l'aniline sur le chlorure de méthylphénylurée provenant du phosgène et de la méthylaniline. Sans dissolvant la réaction est très vive et il se forme de la carbanilide; afin de la modérer il suffit de dissoudre le chlorure dans trois à quatre fois son poids d'alcool; on chauffe doucement au B-M et quand la réaction est en train on enlève. La méthylcarbanilide a été recristallisée dans l'alcool.

**Thiurées tertiaires.**

La *triméthylthiurée*

$$S:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHCH_3 \end{cases}$$

provenait de l'action de la diméthylamine sur le méthylsénévol en solution éthérée.

La *diméthylphénylthiurée*

$$S:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHC_6H_5 \end{cases}$$

préparée par la diméthylamine et le phénylsénévol.

La *diméthylparatolylthiurée*

$$S:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHC_7H_7p \end{cases}$$

par la diméthylamine sur le p. tolylsénévol. Cristallisée dans l'alcool, belles aiguilles incolores, peu solubles dans l'éther, solubles dans l'alcool, le benzène, fondant à 170°,2-170°,8.

*Dosage du soufre d'après Carius :*

| | |
|---|---|
| Matière employée . . . . . | 0g,2512 |
| Sulfate de baryum obtenu . . . | 0g,3040 |
| Soufre déduit . . . . . | 16,61 % |
| Théorie . . . . . | 16,50 % |

La *diméthyl-β-naphtylthiurée*

$$S:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ NHC_{10}H_7 \end{cases}$$

diméthylamine et naphtylsénévol; cristallisée dans l'alcool, elle se présente sous forme de petites aiguilles, très peu solubles dans l'éther et l'alcool froid, davantage dans le chloroforme et fondant à 185°,4.

*Dosage du soufre d'après Carius :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,2297 |
| Sulfate de baryum obtenu . . . | 0g,2320 |
| Soufre déduit . . . . . | 13,87 % |
| Théorie . . . . . | 13,92 % |

La *méthylthiocarbanilide* et l'*éthylthiocarbanilide* par la méthyl- et l'éthylaniline sur le phénylsénévol en solution alcoolique; par concentration elles cristallisent facilement.

**Chloramidines trisubstituées.**

La *méthyldiphénylchloramidine*

$$C_6H_5N:C\begin{cases} NCH_3C_6H_5 \\ Cl \end{cases}$$

obtenue en faisant agir le pentachlorure de phosphore sur la méthylcarbanilide.

En chauffant le mélange vers 100°, la réaction s'amorce et devient très vive :

$$O:C\begin{cases} NC_6H_5CH_3 \\ NHC_6H_5 \end{cases} + PCl_5 = POCl_3 + ClH + C_6H_5N:C\begin{cases} NCH_3C_6H_5 \\ Cl \end{cases}$$

L'oxychlorure de phosphore chassé dans le vide à l'aide d'un courant d'air séché sur $P_2O_5$, la chloramidine passe à 192° sous 14mm de pression en un sirop épais qui ne tarde pas à cristalliser; reprise par l'éther de pétrole, la méthyldiphénylchloramidine cristallise en aiguilles soyeuses fondant à 40°-41°, très sensibles à l'humidité.

*Dosage du chlore :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée. . . . . | 0g,2852 | 0g,3321 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,1697 | 0g,1962 |
| Chlore déduit . . . . . | 14,71 % | 14,60 % |
| Théorie . . . . . | 14,48 % | |

*Détermination du poids moléculaire par cryoscopie dans le benzène :*

$$m = 100\,K\frac{g}{\Delta G}$$

| | a | b |
|---|---|---|
| Matière employée g . . . . . | 0g,3302 | 0g,4571 |
| Benzène employée G . . . . | 11g,205 | 11g,205 |
| Abaissement observé Δ. . . . | 0°,615 | 0°,863 |
| Poids mol. déduit pour K = 50 . | 239 | 236 |
| Théorie . . . . . | 244,5 | |

*Triméthylchloramidine*

$$CH_3N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\Cl\end{cases}$$

En mélangeant la triméthylurée avec le double de son poids de pentachlorure de phosphore, il se produit une vive réaction vers 50°; l'oxychlorure de phosphore chassé, il distille à 108°,5-109° sous 12mm de pression un corps sirupeux cristallisant lentement. Le dosage du chlore dans ce produit a donné :

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée. . . . . | 0g,2340 | 0g,3512 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,4270 | 0g,6502 |
| Chlore déduit . . . . . | 45,12 % | 45,70 % |
| Théorie pour $CH_3N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\Cl\end{cases}$ | 29,38 % | |
| Théorie pour $CH_3N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\Cl,\ ClH\end{cases}$ | 45,16 % | |

Pendant la réaction l'acide chlorhydrique ne se dégage pas et reste combiné à la chloramidine ; des titrations avec NaOH n/10 m'ont donné 45,2 % et 45,3 % de chlore.

Ce fait a été également rencontré dans les suivantes ; il ne gêne pas à la préparation des guanylthiurées.

Ces corps sont insolubles dans l'éther, l'éther de pétrole, le benzène, mais très solubles dans le chloroforme et très sensibles à l'humidité.

*Diméthylphénylchloramidine*

$$C_6H_5N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\Cl\end{cases}$$

Molécules égales de diméthylphénylurée et de $PCl_5$ (léger excès) réagissent vers 75°. Après le départ du $POCl_3$, la chloramidine sublime facilement en rendant difficile sa distillation dans les appareils ordinaires. L'opération se fait avec succès dans un ballon pyriforme dont le col entre dans un Erlenmeyer tubulé. La poire placée horizontalement plonge dans un bain d'huile et après avoir chassé le $POCl_3$ on sublime à 125°-130° dans le vide.

Un second Erlenmeyer placé après le premier retient ce qui n'aurait pu s'y arrêter ; la sublimation est beaucoup facilitée par l'introduction de temps à autre (au moyen d'un robinet à trois voies) d'un courant d'air séché sur $P_2O_5$.

On obtient ainsi de jolis cristaux fondant à 157° très solubles dans le chloroforme, insolubles dans les autres solvants organiques. Le rendement atteint 75 % si pendant la sublimation on remplace le courant d'air par l'acide chlorhydrique sec.

*Dosage du chlore dans le produit de diverses opérations :*

| | I | | II | | III | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *a* | *b* | *a* | *b* | *a* | *b* |
| Substance employée. . | 0g,1429 | 0g,2868 | 0g,1226 | 0g,2370 | 0g.3421 | 0g,1854 |
| Chlor. d'argent obtenu. | 0g,1783 | 0g,3610 | 0g,1490 | 0g,2877 | 0g,4450 | 0g,2416 |
| Chlore déduit . . . | 30,85 % | 31,12 % | 30,05 % | 30,02 % | 32,15 % | 32,21 % |

Théorie pour $C_9H_{12}N_2Cl_2$ . . . . . 32,39 %
» » $C_9H_{11}N_2Cl$ . . . . . 19,41 %

*Diméthylparatolylchloramidine*

$$p.\ C_7H_7N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\Cl\end{cases}$$

Préparée comme la précédente à partir de la diméthylparatolylurée et de $PCl_5$ je n'ai réussi qu'une fois à la distiller; elle passe à 159°-160° sous 15mm de pression en un liquide épais se prenant en une masse cristalline, obstruant le tube latéral du ballon à fractionner; aussi j'ai dû avoir recours à la sublimation.

*Dosage du chlore :*

| | Par gravimétrie | | Par volumétrie |
|---|---|---|---|
| Substance employée . . . | 0g,4395 | | 0g,1756 |
| Chlorure d'argent obtenu . | 0g,5377 | Soude décime | 15,00cm3 |
| Chlore déduit . . . . . | 30,25 % | | 30,29 % |
| Théorie pour $C_{10}H_{14}N_2Cl_2$. | | 30,43 % | |
| » » $C_{10}H_{13}N_2Cl$ . | | 18,04 % | |

Je n'ai pu obtenir la diméthylnaphtylchloramidine, qui se décompose en voulant la distiller dans le vide, et qui n'est pas assez soluble dans les solvants ordinaires pour qu'on puisse reprendre le résidu après la réaction pour une cristallisation.

*Remarque.* — Tous les essais tentés en vue d'enlever ClH à ces chloramidines au moyen d'une base tertiaire ($(CH_3)_2NC_6H_5$) ont été vains. La grande sensibilité de ces corps et leur insolubilité n'ont pas contribué à faciliter leur maniement.

*Chlorures thiocarbamiques* décrits par M. Billeter (Ber., t. 120, p. 232 et 1629) ont été préparés en agitant mécaniquement avec deux molécules de soude caustique un mélange de thiophosgène (1 mol.) dissout dans le chloroforme et une solution aqueuse du chlorhydrate de l'amine secondaire.

$$CSCl_2 + RR'NH, ClH + 2NaOH = RR'NCSCl + 2ClNa + 2H_2O$$

J'ai préparé ainsi :

Le *chlorure méthylphénylthiocarbamique*

$$S:C\begin{cases} Cl \\ NCH_3C_6H_5 \end{cases}$$

Le *chlorure éthylphénylthiocarbamique*

$$S:C\begin{cases} Cl \\ NC_2H_5C_6H_5 \end{cases}$$

Le *chlorure diméthylthiocarbamique*

$$S:C\begin{cases} Cl \\ N(CH_3)_2 \end{cases}$$

## Carbodiimides.

La carbodiphénylimide a été obtenue en désulfurant la thiocarbanilide en solution benzènique au moyen de l'oxyde de plomb; elle a été purifiée par distillation dans le vide.

La *carbodiméthylimide* $C(NCH_3)_2$ fut préparée comme suit: On chauffe en sol. dans le toluène une molécule de diméthylthiurée en ajoutant peu à peu une molécule (petit excès) d'oxyde de mercure précipité; au bout de quelques heures la réaction est terminée; on chasse le solvant et on rectifie dans le vide.

La carbodiméthylimide passe à 153°,5-154° sous 11 mm. de pression; sirop épais qui se prend peu à peu en une masse cristalline. La cryoscopie dans le benzène donne un poids moléculaire triple comme c'est généralement le cas pour ces imides.

*Cryoscopie dans le benzène :*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,1706 | 0g,3774 |
| Benzène (K = 50) . . . . . | 11g,62 | 11g,58 |
| Abaissement observé . . . . | 0°,335 | 0°,770 |
| Poids moléculaire déduit . . . | 219 | 211 |
| Calculé pour $(C_3N_2H_6)_3$ . . . | 210 | |

*Dosage de l'azote d'après Kjeldahl :*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,4515 | 0g,4995 |
| Azote trouvé . . . . . | 39,8 % | 39,7 % |
| Azote calculé pour $C_3N_2H_6$ . . | 40,05 % | |

## Guanidines tétrasubstituées.

La *tétraméthylguanidine*

$$CH_3N:C\begin{cases} N(HCH_3)_2 \\ NHCH_3 \end{cases}$$

a été préparée en laissant quelques temps la carbodiméthylimide avec la diméthylamine (excès) dans des tubes scellés; on obtient ainsi la guanidine base sirupeuse très hygroscopique.

*Dosage du chlore dans le chlorhydrate (ppté par ClH sec, en sol. éthérée) :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,4798 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,4530 |
| Chlore déduit . . . . . | 23,34 % |
| Chlore calculé . . . . . | 23,43 % |

*Dosage de l'azote d'après Kjeldahl :*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,3782 | 0g,4275 |
| Azote trouvé . . . . . | 27,7 % | 27,6 % |
| Azote calculé. . . . . | 27,80 % | |

La *méthyltriphénylguanidine*

$$C_6H_5N:C\begin{cases}NCH_3C_6H_5\\NHC_6H_5\end{cases}$$

s'obtient en chauffant au B-M molécules égales de carbodiphénylimide et de méthylaniline. Par refroidissement la masse cristallise. Recristallisée dans l'éther belles aiguilles soyeuses fondant à 110°.

*Dosage de l'azote d'après Kjeldahl :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,7844 |
| Azote trouvé. . . . . | 13,8 % |
| Azote calculé . . . . . | 14,0 % |

L'*éthyltriphénylguanidine*

$$C_6H_5H:C\begin{cases}NC_2H_5C_6H_5\\NHC_6H_5\end{cases}$$

a été préparée comme la précédente avec l'éthylaniline et la carbodiphénylimide; cristaux fondant à 145°.

*Dosage de l'azote d'après Kjeldahl :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,4182 |
| Azote trouvé. . . . . | 13,4 % |
| Azote calculé . . . . . | 13,3 % |

La *diméthyldiphénylguanidine*

$$C_6H_5N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\NHC_6H_5\end{cases}$$

obtenue par l'action de la diméthylamine sur la carbodiphénylimide en tubes scellés. Aiguilles très hygroscopiques et solubles dans les solvants ordinaires.

*Dosage du chlore dans le chlorhydrate (ppté avec ClH sec, en sol. éthérée):*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,0817 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,0432 |
| Chlore déduit . . . . . | 12,86 % |
| Chlore calculé . . . . . | 12,87 % |

## GUANYLTHIURÉES HEXASUBSTITUÉES

### Pseudodiméthyltétraphénylguanylthiurée

$$\begin{matrix}C_6H_5N:C\\C_6H_5N:C\end{matrix}\begin{cases}NCH_3C_6H_5\\S\\NCH_3C_6H_5\end{cases}$$

En mélangeant molécules égales de *méthyldiphénylchloramidine* et de *méthylthiocarbanilide* finement pulvérisée dissoutes dans le moins possible de chloroforme, il se produit une réaction échauffant la masse; au bout de quelques jours la solution qui s'est épaissie, broyée avec de l'éther, laisse un chlorhydrate sous forme d'une poudre jaunâtre, soluble dans l'eau et l'alcool.

De sa solution aqueuse, les alcalis précipitent une base soluble dans les solvants organiques, incristallisable. L'isomère provenant d'un mélange équimoléculaire de *chlorure méthylphénylthiocarbamique* et de *méthyltriphénylguanidine* n'a pu être cristallisée non plus.

Pensant avoir à faire à un polymère j'en ai déterminé le poids moléculaire par cryoscopie dans le benzène, qui est simple.

*Cryoscopie dans le benzène:*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,1513 | 0g,3080 |
| Benzène employé . . . . . | 10g,04 | 10g,04 |
| Abaissement observé . . . . . | 0°,176 | 0°,363 |
| Poids moléculaire déduit pour K = 50 . | 428 | 422 |
| » » » » K = 53 . | 454 | 448 |
| Calculé pour $C_{28}H_{26}N_4S$ . . . . . | 450 | |

Etant donné l'impossibilité de le purifier par cristallisation, je n'ai pas fait l'analyse de ce corps.

### Pseudotétraméthylphénylguanylthiurée

$$\begin{array}{l} C_6H_5N:C\begin{cases} N(CH_3)_2 \\ S \end{cases} \\ C_6H_5N:C\begin{cases} S \\ N(CH_3)_2 \end{cases} \end{array}$$

Molécules égales de chlorhydrate de *diméthylphénylchloramidine* et de *diméthylphénylthiurée* sont mélangés en solution chloroformique concentrée; la masse s'échauffe, l'acide chlorhydrique s'en va et par refroidissement et le tout se prend.

Le chlorhydrate ainsi obtenu est purifié par broyage avec de l'éther absolu; il retient néanmoins du chloroforme qui gêne la précipitation de la base; pour l'enlever, le mieux est de dissoudre le chlorhydrate dans peu d'eau et cette solution abandonne le chloroforme par ébullition dans le vide. Cristallisé dans l'eau, il se présente sous forme de grandes tables incolores, très solubles dans l'alcool.

Quand on y ajoute la quantité correspondante d'une solution de carbonate sodique ou de soude caustique à la solution du chlorhydrate dans l'eau, la base se précipite; cristallisée dans l'éther, l'alcool ou l'alcool aqueux on obtient de grandes aiguilles incolores contenant une molécule d'eau de cristallisation qui ne s'en va que très lentement dans le vide sec, très rapidement vers 100°.

*Détermination de l'eau de cristallisation (en chauffant à 100° dans le vide):*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 1g,2514 |
| Eau par perte de poids . . . . | 0g,0672 |
| % déduit . . . . . | 5,36 % |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S, H_2O$ . . | 5,23 % |

*Dosage du soufre d'après Carius:*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Matière employée . . . . . | 0g,2380 | 0g,1874 |
| Sulfate de baryum employé . . | 0g,1592 | 0g,1291 |
| Soufre déduit . . . . . | 9,19 % | 9,24 % |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S, H_2O$ . | 9,30 % | |

Le corps anhydre dissout dans l'éther ou l'alcool absolus cristallise par évaporation des solutions en gros en magnifiques prismes très solubles dans les solvants organiques, très peu dans l'eau, fondant à 118°,5 en se décomposant partiellement avec formation de phénylsénévol.

La ψ tétraméthyldiphénylguanylthiurée est une base assez forte pour agir sur le méthylorange et le paranitrophénol, ce qui permet de la titrer aisément dans l'alcool aqueux au moyen de ces indicateurs.

*Dosage du soufre d'après Carius :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,2963 | 0g,1922 |
| Sulfate de baryum obtenu . . | 0g,2138 | 0g,1380 |
| Soufre déduit . . . . . | 9,90 % | 9,86 % |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S$ . . . | 9,81 % | |

*Dosage de l'azote d'après Dumas :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,1184 | 0g,2778 |
| Azote obtenu . . . . . | 18cm3,3 | 46cm3,5 |
| Température . . . . . | 20°,0 | 18°,5 |
| Pression barométrique . . . | 733mm,0 | 726mm,5 |
| d'où azote en poids. . . . . | 0g,02028 | 0g,05135 |
| % déduit . . . . . | 17,13 % | 17,25 % |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S$ . . . | 17,23 % | |

*Analyse élémentaire :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,1993 | 0g,2120 |
| Acide carbonique obtenu. . . | 0g,4850 | 0g,5138 |
| Eau obtenue . . . . . | 0g,1211 | 0g,1299 |
| Carbone déduit . . . . . | 66,37 % | 66,10 % |
| Hydrogène déduit . . . . . | 6,75 % | 6,81 % |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S$ carbone | 66,26 % | |
| » » » hydrogène | 6,75 % | |

*Cryoscopie dans le benzène (K = 53) :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance dissoute. . . . . | 0g,3402 | 0g,6689 |
| Benzène employé . . . . . | 14g,17 | 14g,17 |
| Abaissement observé . . . . | 0°,390 | 0°,763 |
| Poids moléculaire déduit. . . | 326 | 328 |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S$ . . . | 326 | |

*Détermination du poids moléculaire par titration :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,2715 | 0g,6352 |
| Acide chlorhydrique n/10 . . | 8cm3,40 | 19cm3,44 |
| Poids moléculaire déduit. . . | 323,2 | 326,8 |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S$ . . . | 326 | |

Son isomère :

$$C_6H_5N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\ NC_6H_5\\ S:C\begin{cases}N(CH_3)_2\end{cases}\end{cases}$$

s'obtient au moyen du *chlorure diméthylthiocarbamique* sur la *diméthyldiphénylguanidine* en solution chloroformique ; au bout de quelques jours la masse broyée avec de l'éther donne un chlorhydrate facile à cristalliser par addition d'éther à sa solution alcoolique concentrée.

*Dosage du chlore :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,2325 | 0g,3712 |
| ClAg obtenu . . . . . | 0g,0916 | 0g,1445 |
| Chlore déduit. . . . . | 9,74 % | 9,63 % |
| Calculé pour $C_{18}H_{22}N_4S,ClH$ . | 9,78 % | |

De sa solution aqueuse, les alcalis libèrent une base amorphe que je n'ai pu faire cristalliser ; néanmoins une détermination cryoscopique de ce corps indique un poids moléculaire normal :

*Cryoscopie dans le benzène (pour K = 53) :*

| | a | b |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,2782 | 0g,4165 |
| Benzène employé . . . . . | 12g,50 | 12g,50 |
| Abaissement observé . . . . | 0o,368 | 0o,531 |
| Poids moléculaire déduit. . . | 320 | 333 |
| Calculé. . . . . | 326 | |

**Pseudotétraméthylphénylparatolylguanylthiurée**

$$\begin{array}{l}C_6H_5N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\\ S\\ p.C_7H_7N:C\begin{cases}N(CH_3)_2\end{cases}\end{cases}\end{array}$$

Le mélange en solution chloroformique concentrée d'une molécule de chlorhydrate de *diméthylphénylchloramidine* avec une molécule de *diméthylphényltolylthiurée,* se prend en une masse cristalline.

En broyant avec l'éther absolu et traitant la solution aqueuse du chlorhydrate par le carbonate sodique, on obtient la base; cette dernière cristallisée dans l'alcool dilué, se présente sous forme de grandes aiguilles incolores contenant une molécule d'eau.

*Détermination de l'eau de cristallisation (en chauffant à 100° dans le vide):*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,3582 |
| Eau par perte de poids . . . . | 0g,0178 |
| % déduit . . . . . | 4,96 % |
| Calculé pour $C_{12}H_{24}N_4S,H_2O$ . . | 5,03 % |

*Dosage du soufre en tube scellé:*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,2403 | 0g,2137 |
| Sulfate de baryum obtenu . . | 0g,1575 | 0g,1393 |
| Soufre déduit . . . . . | 9,00 % | 8,95 % |
| Calculé pour $C_{19}H_{24}N_4S,H_2O$ . | 8,94 % | |

La base anhydre, cristallisée dans l'éther ou l'alcool absolus, forme de gros prismes incolores fondant à 120°,6; à une température supérieure, elle se décompose un peu avec formation de phényl et paratotylsénévol. Comme la précédente, elle se laisse titrer aisément en présence du méthylorange:

*Dosage du soufre en tube scellé:*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,2558 | 0g,1895 |
| Sulfate de baryum obtenu . . | 0g,1766 | 0g,1301 |
| Soufre déduit . . . . . | 9,48 % | 9,42 % |
| Calculé pour $C_{19}H_{24}N_4S$ . . . | 9,41 % | |

Préparée dans les mêmes conditions à l'aide du chlorhydrate de *diméthylphényltolylchloramidine* et de la *diméthylphénylthiurée,* après plusieurs cristallisations dans l'éther absolu, elle possède *le même point de fusion* (120°,2-120°,8) que la précédente; elle lui est identique, et les deux thiurées respectives avaient donc agi sous la forme asymétrique.

*Dosage de l'azote d'après Dumas :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,1696 |
| Azote obtenu . . . . . | 25cm3,0 |
| Température. . . . . | 19o,5 |
| Pression barométrique . . . . | 733mm,0 |
| d'où azote en poids . . . . . | 0g,2776 |
| % déduit. . . . . | 16,36 % |
| Calculé pour $C_{19}H_{24}N_4S$. . . . | 16,48 % |

Afin de corroborer ces conclusions, il m'a paru utile de faire réagir les ingrédients devant fournir des produits qui présenteraient une plus grande différence; pour cela, j'ai pensé remplacer le groupe tolyle par un alkyle aliphatique.

En préparant ainsi la *ψ-pentaméthylphénylguanylthiurée*, j'ai constaté la *parfaite identité* des deux corps résultant du croisement des alkyles dans les chloramidines et thiurées.

**Pseudopentaméthylphénylguanylthiurée**

$$\begin{array}{l} C_6H_5N:C \begin{cases} N(CH_3)_2 \\ S \end{cases} \\ CH_3N:C \begin{cases} S \\ N(CH_3)_2 \end{cases} \end{array}$$

Molécules égales dans le chloroforme de chlorhydrate de *diméthylphénylchloramidine* ou de chlorhydrate de *triméthylchloramidine*, avec respectivement la *triméthylthiurée* ou la *diméthylphénylthiurée,* donnent un chlorhydrate qui se sépare peu à peu en fines aiguilles tandis que l'excès de Cl H s'en va.

Après purification par l'éther absolu et dissolution dans peu d'eau, la base est mise en liberté par l'hydrate de sodium; étant un peu plus soluble dans l'eau, on l'extrait par l'éther; après avoir séché la solution éthérée sur la potasse caustique, elle cristallise différemment suivant qu'on a plus ou moins bien séché la solution, en aiguilles contenant une molécule d'eau ou en prismes anhydres. Recristallisée dans l'alcool étendu, elle se présente sous forme de grandes aiguilles incolores perdant leur eau aux environs de 75o.

*Détermination de l'eau de cristallisation (à 75o dans le vide) :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,2911 |
| Eau par perte de poids . . . . | 0g,0190 |
| % déduit . . . . . | 6,52 % |
| Calculé pour $C_{13}H_{20}N_4S,H_2O$ . . | 6,38 % |

*Dosage du soufre en tube scellé :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,2694 |
| Sulfate de baryum obtenu . . . | 0g,2247 |
| % soufre déduit . . . . . | 11,45 % |
| Calculé pour $C_{13}H_{20}N_4S,H_2O$ . . | 11,35 % |

La base anhydre dissoute dans l'éther absolu cristallise par l'évaporation spontanée de la solution en cristaux incolores, fondant à 94°,6-94°8, solubles dans les solvants organiques et assez dans l'eau.

La pseudopentaméthylphénylguanylthiurée est une base assez forte pour colorer le curcuma et la phénolphtaléïne.

*Dosage du soufre en tube scellé :*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Substance employée . . . . | 0g,1947 | 0g,2500 |
| Sulfate de baryum obtenu . . | 0g,1727 | 0g,2234 |
| % soufre déduit. . . . . | 12,18 % | 12,27 % |
| Calculé pour $C_{13}H_{20}N_4S$ . . . | 12,12 % | |

*Dosage de l'azote d'après Dumas :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,2378 |
| Azote obtenu. . . . . | 45cm3,8 |
| Température. . . . . | 18°,0 |
| Pression barométrique . . . . | 732mm,2 |
| d'où azote poids. . . . . | 0g,05091 |
| % déduit . . . . . | 21,41 % |
| Calculé pour $C_{13}H_{20}N_4S$. . . . | 21,27 % |

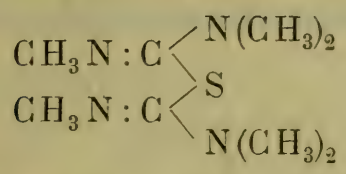
*Cryoscopie dans le benzène :*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Benzène employé . . . . . | 10g,50 | 10g,50 |
| Substance dissoute. . . . . | 0g,2294 | 0g,3713 |
| Abaissement observé . . . . | 0°,425 | 0°,693 |
| Poids mol. déduit pour K = 50. | 257 | 255 |
| » » » » K = 53. | 272 | 270 |
| Calculé. . . . . | 264 | |

*Analyse du chloroplatinate :*

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Chloroplatinate . . . . . | 0g,1688 | 0g,2184 |
| Platine obtenu . . . . . | 0g,0352 | 0g,0457 |
| % déduit . . . . . | 20,86 % | 20,93 % |
| Calculé. . . . . | 20,96 % | |

### Pseudohexaméthylguanylthiurée

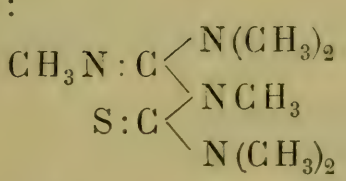


Préparée comme les précédentes à partir du chlorhydrate de *triméthylchloramidine* et de la *triméthylthiurée,* la réaction est très vive et le chlorhydrate ne se sépare pas ; par broyages avec l'éther absolu on l'obtient sous forme visqueuse, déliquescente. Les alcalis caustiques libèrent la base qu'on doit extraire plusieurs fois à l'éther, car elle est très soluble dans l'eau ; la solution séchée sur la potasse laisse, après départ du solvant, un sirop épais présentant une forte réaction alcaline. En séchant soigneusement avec l'oxyde de baryum et distillant dans le vide, à 149°-150° sous 12 mm., passe un liquide visqueux, qui repris par l'éther absolu et plongé dans un mélange réfrigérant de neige carbonique et d'éther, cristallise peu à peu en fines aiguilles très hygroscopiques fondant vers 42°.

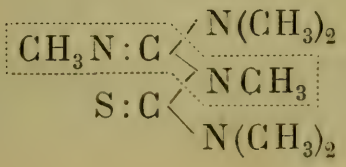
*Dosage du soufre en tube scellé :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,2107 |
| Sulfate de baryum obtenu . . . | 0g,2415 |
| Soufre déduit . . . . . | 15,74 % |
| Calculé pour $C_8H_{18}N_4S$ . . . . | 15,84 % |

La base isomère :



s'obtient à partir du *chlorure diméthylthiocarbamique* et de la *tétraméthylguanidine ;* sirop épais de réaction fortement alcaline qui ne peut être distillée dans le vide sans décomposition ; cette opération fournit de la carbodiméthylimide (155° sous 12mm) et un résidu trop décomposé pour en tirer quelque chose, mais qui selon toute probabilité doit être de la tétraméthylthiurée.



**Pseudotriméthyltriphénylguanylthiurée**

$$\begin{array}{l} C_6H_5N:C \begin{cases} NCH_3C_6H_5 \\ S \\ N(CH_3)_2 \end{cases} \\ C_6H_5N:C \end{array}$$

Préparée comme les précédentes à partir de la *méthyldiphénylchloramidine* et de la *diméthylphénylthiurée* en solution chloroformique.

Après purification du chlorhydrate par l'éther la base a été isolée au moyen du carbonate sodique; elle est amorphe, très soluble dans les solvants organiques et de sa solution éthérée, l'acide chlorhydrique sec précipite le chlorhydrate sous forme microcristalline.

*Dosage du chlore :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,4027 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,1372 |
| Chlore déduit . . . . . | 8,42 % |
| Théorie . . . . . | 8,55 % |

Celle préparée à partir de la *diméthylphénylchloramidine* et de la *méthylthiocarbanilide* est également amorphe.

*Dosage du chlore dans le chlorhydrate :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,3116 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,1050 |
| Chlore déduit . . . . . | 8,33 % |
| Théorie . . . . . | 8,55 % |

L'isomère

$$\begin{array}{l} C_6H_5N:C \begin{cases} NCH_3C_6H_5 \\ NC_6H_5 \\ N(CH_3)_2 \end{cases} \\ S:C \end{array}$$

obtenu à partir de la *méthyltriphénylguanidine* et du *chlorure diméthylthiocarbamique* est une base incristallisable.

*Dosage du chlore dans le chlorhydrate :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,5540 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,1903 |
| Chlore déduit . . . . . | 8,49 % |
| Théorie . . . . . | 8,55 % |

**Pseudodiméthyléthyltriphénylguanylthiurée**

$$\begin{array}{l} C_6H_5N:C\left\langle\begin{array}{l} NC_2H_5C_6H_5 \\ S \end{array}\right. \\ C_6H_5N:C\left\langle\begin{array}{l} S \\ N(CH_3)_2 \end{array}\right. \end{array}$$

obtenue par la *diméthylphénylchloramidine* et l'*éthylthiocarbanilide* est une poudre très soluble dans l'alcool et l'éther ; la solution concentrée du chlorhydrate dans le chloroforme additionnée d'éther, abandonne ce dernier en fines aiguilles lorsqu'on l'expose au froid.

*Dosage du chlore :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,1572 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,0520 |
| Chlore déduit . . . . . | 8,18 % |
| Théorie . . . . . | 8,27 % |

L'isomère

$$\begin{array}{l} C_6H_5N:C\left\langle\begin{array}{l} NC_2H_5C_6H_5 \\ NC_6H_5 \end{array}\right. \\ S:C\left\langle\begin{array}{l} NC_6H_5 \\ N(CH_3)_2 \end{array}\right. \end{array}$$

provenant de l'*éthyltriphénylguanidine* et du chlorure *diméthylthiocarbamique* est une base amorphe ; son chlorhydrate précipité en solution éthérée constitue une masse microcristalline très hygroscopique.

*Dosage du chlore :*

| | |
|---|---|
| Substance employée . . . . . | 0g,3994 |
| Chlorure d'argent obtenu . . . | 0g,1346 |
| Chlore déduit . . . . . | 8,33 % |
| Théorie . . . . . | 8,27 % |

Ces deux isomères soumis à l'action de la chaleur et distillation dans le vide fournissent deux produits nettement différents ; le premier donne en effet du phénylsénévol, tandis que le second donne un peu de carbodiphénylimide. Les résidus sont trop altérés pour en retirer quelque chose et le peu de matière dont je disposais n'en laissait d'ailleurs que des traces.

# Les propriétés homographiques de l'équation de Riccati

Par L. ISELY, Professeur

L'équation de Riccati se composait primitivement de trois termes. C'est la forme que lui donne son auteur dans le fascicule de novembre 1723 des *Acta Eruditorum*. Le propre de cette équation différentielle du premier ordre est de renfermer le carré de la fonction inconnue. Trois ans plus tard, Goldbach la compléta par l'addition d'un quatrième terme contenant la première puissance de cette fonction *(Commentarii Academiæ Petropolitanæ ad annum 1726)*.

Cette équation de la forme

$$\frac{dy}{dx} + Py^2 + Qy + R = o,$$

où P, Q, R sont des fonctions de $x$, ne peut pas en général s'intégrer par des quadratures. Par contre, deux quadratures suffiront si l'on en connaît une seule solution particulière. Son intégrale générale se présente alors sous la forme d'une fonction *rationnelle et linéaire* de la constante d'intégration.

Réciproquement, il est facile de s'assurer que cette propriété n'appartient qu'aux équations de ce type.

La relation entre l'intégrale générale $y$ et la constante arbitraire $\theta$ se ramenant à l'équation *bilinéaire*

$$A\theta y + By + C\theta + D = o,$$

A, B, C, D étant des fonctions de $x$, il en résulte que le rapport anharmonique (le RA) de quatre valeurs quelconques de $y$ est égal à celui des valeurs correspondantes de $\theta$. Ce qu'on exprime, en employant la notation abrégée de Möbius,

$$(y_1 y_2 y_3 y_4) = (\theta_1 \theta_2 \theta_3 \theta_4).$$

Ainsi, pour une même valeur de la variable $x$, *le RA de quatre solutions particulières quelconques de l'équation de Riccati est constant*[1].

[1] G. Humbert. *Cours d'Analyse*, t. II, p. 282. — Ed. Goursat. *Cours d'Analyse mathématique*, t. II, p. 317.

L'interprétation géométrique de ces résultats est aisée. L'intégrale générale, renfermant un paramètre variable, définit une famille de lignes planes que, pour abréger, nous appellerons *courbes de Riccati*. Supposons construites celles de ces dernières qui correspondent aux quatre valeurs particulières $\theta_1$, $\theta_2$, $\theta_3$, $\theta_4$ du paramètre. *Le double rapport des quatre points où ces courbes sont coupées par une sécante mobile, parallèle à l'axe des y, est constant,* c'est-à-dire que l'on a, $M_1$, $M_2$, $M_3$, $M_4$ désignant ces points d'intersection,

$$(M_1 M_2 M_3 M_4) = \text{const.}$$

Trois courbes de Riccati permettent donc de déterminer toutes les autres.

Comme corollaire de la propriété ci-dessus énoncée, nous pouvons formuler la proposition suivante, qui nous sera utile plus tard :

*Les courbes de Riccati divisent homographiquement deux parallèles quelconques à l'axe des y.*

Des équations du type de Riccati se présentent dans nombre de questions de géométrie infinitésimale, entre autres dans le problème des *trajectoires,* et dans la théorie des *lignes asymptotiques.*

L'équation différentielle des trajectoires *orthogonales* d'une *famille de cercles* est de la forme

$$2R\frac{du}{dt} + b'(1 - u^2) - 2a'u = o,$$

$a'$, $b'$ étant les dérivées des coordonnées rectangulaires du centre, par rapport au paramètre variable $t$, et R le rayon, également fonction de $t$. On a pris pour inconnue $tg\,\frac{\omega}{2}$, en posant

$$tg\,\frac{\omega}{2} = u,$$

$\omega$ représentant l'angle du rayon avec la direction de l'axe des $x$.

Comme on le voit, l'équation différentielle des trajectoires orthogonales d'une famille de cercles (cela est aussi vrai des trajectoires *obliques*) est une équation de Riccati. En l'intégrant, on aura $u$, et par suite $\omega$, en fonction de $t$ et d'une constante arbitraire. Les équations *paramétriques* des trajectoires seront alors

$$x = a + R\cos\omega = f(t, \theta),$$

et

$$y = b + R\sin\omega = \varphi(t, \theta),$$

$\theta$ étant une constante arbitraire. Ces trajectoires posséderont donc la propriété homographique des courbes de Riccati.

Un cas intéressant des trajectoires orthogonales est celui où les cercles donnés ont leurs centres en ligne droite. En prenant cette droite pour axe des $x$, l'équation différentielle ci-dessus se réduira à

$$R\frac{du}{dt} - a'u = o,$$

équation à variables séparables, qui s'intégrera immédiatement.

En particulier, prenons l'abscisse du centre pour paramètre variable $(t = a)$, et supposons $R = a$. L'intégration donnera

$$u = Ca,$$

C désignant une constante arbitraire, et les équations paramétriques des trajectoires seront

$$x = \frac{2a}{1 + C^2 a^2}, \quad y = \frac{2Ca^2}{1 + C^2 a^2};$$

d'où l'on conclut, en éliminant $a$,

$$y = o \text{ (axe des } x\text{)},$$

et

$$C(x^2 + y^2) - 2y = o,$$

cercles ayant leurs centres sur l'axe des $y$, à la distance $\frac{1}{C}$ de l'origine.

Les cercles donnés et leurs trajectoires orthogonales forment donc deux *faisceaux conjugués*, dont les *axes radicaux* (les axes de coordonnées eux-mêmes) sont rectangulaires, et les *points limites* confondus avec l'origine. De l'équation de Riccati dont ils proviennent, on déduit aisément les propriétés homographiques et involutoires de chacun de ces faisceaux.

Les *lignes asymptotiques* des surfaces conduisent à des résultats plus importants encore. Ces lignes, imaginées par Dupin[1], doivent leur nom au fait qu'elles sont tangentes en chaque point à l'une des asymptotes de l'*indicatrice* de la surface en ce point. Ce sont des *lignes de courbure nulle*.

Les coordonnées d'un point quelconque d'une surface étant exprimées en fonction de deux paramètres variables $u$ et $v$,

[1] *Développements de géométrie*, 1813.

l'équation différentielle des lignes asymptotiques, qui correspond au cas où le rayon de courbure est infini, est de la forme

$$R + 2S\frac{dv}{du} + T\left(\frac{dv}{du}\right)^2 = o,$$

R, S, T étant des fonctions connues de $u$ et $v$.

L'intégration de cette équation du premier ordre conduit, lorsque la surface considérée est *gauche,* à des résultats du plus haut intérêt. Dans ce cas, en effet, R est nul, S indépendant de $u$, et T un polynôme du second degré en $u$. L'équation se décompose alors en deux :

$$dv = o,$$

et

$$\frac{du}{dv} + Lu^2 + Mu + N = o,$$

où L, M, N sont des fonctions de $v$ seul.

La première donne $v =$ const. ; les lignes correspondantes sur la surface sont les génératrices rectilignes, qui figurent ainsi l'une des séries d'asymptotiques. La seconde, qu'on ne sait intégrer que si l'on en connaît une solution particulière, détermine celles de l'autre série. On voit que c'est une équation de Riccati. Sur les quadriques gauches (hyperboloïde à une nappe, paraboloïde hyperbolique), les deux systèmes de génératrices rectilignes sont les deux séries d'asymptotiques de la surface.

L'intégrale générale de l'équation de Riccati ci-dessus étant une fonction rationnelle et linéaire de la constante d'intégration, le RA de quatre solutions $u_1$, $u_2$, $u_3$, $u_4$, pour une même valeur de la variable $v$, est constant. Or, $v =$ const. représente une génératrice rectiligne quelconque de la surface ; il en résulte que le *double rapport des quatre points de rencontre de cette génératrice avec quatre asymptotiques proprement dites est constant*, ce qui permet de déterminer, sans aucune quadrature, toutes ces lignes, dès qu'on en connaît trois. On peut encore dire que *les asymptotiques d'une surface gauche divisent homographiquement deux génératrices quelconques de cette surface*[1].

Si toutes les génératrices de la surface rencontrent une droite fixe, cette droite est une asymptotique de la seconde série, et l'on obtiendra toutes les autres par deux quadratures.

[1] Paul Serret. *Thèse sur les propriétés géométriques des courbes à double courbure.*

En effet, cette droite correspond à une solution particulière de l'équation de Riccati, qui peut dès lors s'intégrer.

C'est ce qui a lieu, entre autres, pour les surfaces *réglées à plan directeur*. Ces surfaces, à l'exception du cylindre, sont gauches *(conoïdes)*. Leurs génératrices rencontrent alors la *droite de l'infini* de ce plan. *Les asymptotiques de la seconde série,* dont cette droite fait partie, *interceptent alors sur deux génératrices quelconques des segments proportionnels*[1]; en d'autres termes, *les ponctuelles homographiques déterminées sur ces génératrices sont semblables.*

Sur les quadriques gauches, les deux systèmes de génératrices rectilignes figurent, comme déjà dit, les deux séries d'asymptotiques. On en conclut que, dans le cas de l'hyperboloïde à une nappe, *les génératrices d'un système déterminent sur deux droites de l'autre système des divisions homographiques;* et que, dans celui du paraboloïde hyperbolique, *toutes les génératrices d'un même système divisent deux génératrices quelconques de l'autre système en parties proportionnelles.* Réciproquement, *étant données deux ponctuelles homographiques*, dont les *bases* ne sont pas situées dans un même plan, *le lieu des droites qui joignent deux points homologues quelconques est une quadrique gauche.* Cette quadrique sera un paraboloïde hyperbolique si les deux ponctuelles en question sont semblables: d'où la génération rectiligne de cette surface au moyen d'un quadrilatère gauche. Dans le cas général, la surface engendrée sera un hyperboloïde à une nappe.

Nous avons vu, au début de cette étude, que la fonction inconnue qui entre dans une équation de Riccati est liée à la constante d'intégration par une équation bilinéaire, et que, réciproquement, cette propriété n'appartient qu'aux équations de cette nature. Soit, en effet, une relation de la forme

$$A\theta y + By + C\theta + D = o,$$

A, B, C, D étant des fonctions connues de $x$, et $\theta$ une constante arbitraire. On en tire

$$\theta = -\frac{By + D}{Ay + C},$$

d'où, en dérivant,

$$(Ay + C)(B'y + By' + D') - (By + D)(A'y + Ay' + C') = o,$$

[1] P. Serret. *Loc. cit.*

qui est bien une équation de Riccati, sous la forme que Goldbach lui a donnée.

Or, l'équation bilinéaire ci-dessus, qui exprime qu'à chaque valeur de $\theta$ correspond une seule valeur de $y$, et réciproquement, est la *relation fondamentale d'homographie* de deux formes géométriques de première espèce, en particulier de deux ponctuelles. L'équation de Riccati, qui s'en déduit par le procédé indiqué, peut donc être regardée comme l'expression différentielle de la correspondance homographique, ou de la correspondance (1, 1), de deux formes fondamentales de première espèce.

Lorsque le coefficient A du produit des deux paramètres déterminatifs $\theta$ et $y$ est nul, la relation d'homographie se réduit à

$$By + C\theta + D = o,$$

d'où

$$\theta = -\frac{By + D}{C}.$$

La dérivation donne alors

$$BCy' + (CB' - BC')y + CD' - DC' = o,$$

équation différentielle *linéaire en $y$*, qui provient de celle de Riccati par l'évanouissement du terme en $y^2$. Dans ce cas, les points à l'infini des deux ponctuelles considérées, par exemple, se correspondent, de manière que *leurs points de fuite* sont à l'infini.

De la relation

$$By + C\theta + D = o,$$

on déduit aisément

$$y = k\theta,$$

$k$ étant une constante. Il existe donc un rapport constant entre deux segments homologues quelconques des deux ponctuelles projectives. On dit, pour cette raison, que ces ponctuelles sont *semblables* (ou égales). Nous avons trouvé des divisions homographiques de ce genre dans les surfaces réglées à plan directeur, en particulier dans le paraboloïde hyperbolique.

Il résulte de tout ce qui précède que l'équation de Riccati mérite d'être placée à la base de la théorie de l'homographie. Elle forme, pour ainsi dire, le trait d'union entre l'analyse et la géométrie. Les propriétés si curieuses de ses intégrales sont une mine inépuisable de recherches élégantes et fécondes. Nous y reviendrons quelque jour.

# THÉORIE DE LA COMPENSATION A MERCURE

DANS LES

# PENDULES D'HORLOGES ASTRONOMIQUES

PAR H. STRŒLE

## INTRODUCTION

La compensation à mercure a été imaginée par le constructeur anglais Georges Graham il y a déjà près de deux siècles; la plus grande partie des horloges de précision construites depuis lors ont été munies d'un pendule à mercure. Néanmoins, la théorie de ce système de compensation a été fort négligée; on peut s'en étonner à bon droit, le pendule étant l'organe régulateur, c'est-à-dire l'organe essentiel de l'horloge de précision, qui joue un rôle si important dans la pratique des observations astronomiques.

Un grand nombre de traités et de manuels d'astronomie pratique, de physique et d'horlogerie théorique, donnent encore, pour le calcul de la quantité de mercure nécessaire à la compensation d'un pendule, des formules approchées qui sont, ou absolument fausses ou notoirement insuffisantes. J'ai montré dans le premier chapitre du présent travail qu'on peut facilement modifier ces formules de façon à ce qu'elles donnent des résultats très acceptables.

Mais ces formules approchées, qui sont basées sur la considération d'un pendule simple, ne s'appliquent qu'aux pendules à mercure du type usuel, dans lesquels la masse du mercure est de beaucoup prédominante. Dès qu'on s'éloigne de cette forme, elles ne sont plus applicables, et il faut absolument recourir à la théorie exacte du pendule composé. J'ai montré dans le chapitre II qu'on peut alors se servir avec avantage d'une formule due à M. B. Wanach pour calculer la quantité de mercure et pour résoudre tous les problèmes connexes.

Le chapitre III est consacré à l'influence du gradient (c'est-à-dire de l'inégalité de la température à diverses hauteurs) sur la marche d'un pendule à mercure. Cette question essentielle a été traitée il y a quelques années par M. B. Wanach dans un mémoire très remarquable. J'ai repris ici toute cette question et j'ai réussi à montrer qu'on peut, en adoptant un

type de pendule à mercure absolument nouveau, compenser aussi cet effet du gradient et obtenir ainsi un pendule doublement compensé.

Lorsqu'on veut résoudre ces diverses questions avec quelque précision, on ne peut pas négliger l'effet de l'air ambiant sur la compensation thermique du pendule, comme on l'a presque toujours fait jusqu'ici. Cet effet de l'air ambiant fait l'objet du quatrième et dernier chapitre de la présente étude.

Mon travail reste encore incomplet puisque l'effet de la température sur l'élasticité du ressort de suspension, ainsi que sur le frottement de l'échappement et sur l'amplitude, n'y est pas étudié. Mais ce sont là des questions plus complexes et aussi plus spéciales; on peut d'ailleurs espérer que ces effets (tout au moins les deux derniers) sont beaucoup moins importants que ceux que nous avons étudiés, et peut-être même à peu près négligeables.

Je me suis constamment efforcé, au cours de cette étude, de ne pas m'égarer dans des calculs purement théoriques, de ne pas perdre de vue les problèmes qui se posent dans la pratique, et de les résoudre le plus simplement possible, en négligeant résolument tous les termes inutiles. J'espère que j'ai en partie réussi et que quelques-uns des résultats auxquels je suis parvenu pourront être immédiatement utilisés par les astronomes et les constructeurs.

---

## NOTATIONS EMPLOYÉES

$\pi$ rapport de la circonférence au rayon.
$g$ accélération de la pesanteur.
$l$ longueur du pendule simple synchrone.
$h$ hauteur du mercure.
$b$ distance de la base de la colonne de mercure à la suspension.
$a$ distance du sommet de la colonne de mercure à la suspension.
$d$ distance de la surface libre du mercure à la suspension.
$\delta$ densité du mercure.
$c$ produit de la section du vase par $\delta$.
$p$ $= ch$ poids du mercure.
P poids de la partie solide.
$z$ poids d'une quantité de mercure additionnelle.
$r$ rayon du vase cylindrique.
$v$ volume du mercure.
$m$ masse du mercure.
M masse de la partie solide.
$q$ masse de mercure concentrée en un point.
$\eta$ $= \frac{q}{m}$.
L distance du centre de gravité de la partie solide à la suspension.
$\lambda$ distance du centre de gravité du mercure à la suspension.
$\alpha$ coefficient de dilatation de la tige.
$\alpha_1$ coefficient de dilatation linéaire de la paroi du vase.
$\gamma$ coefficient de dilatation du mercure.
$\beta$ $= \gamma - 2\alpha_1$ coefficient apparent de dilatation linéaire du mercure.
$\varepsilon$ $= \beta - \alpha = \gamma - 2\alpha_1 - \alpha$.
$y$ $= cl \frac{}{\beta -} = cl \frac{\alpha}{\varepsilon}$.
T durée d'une oscillation simple.
N (au chapitre Ier, § 5) nombre d'oscillations simples par jour.
$\Delta m$ variation de la marche diurne.
N moment d'inertie du pendule.
D moment statique du pendule.
J moment d'inertie de la partie solide du pendule.
S moment statique de la partie solide du pendule.
$i$ moment d'inertie du mercure.
$s$ moment statique du mercure.
$\iota$ moment d'inertie du mercure situé entre le niveau primitif et le niveau résultant d'une élévation de température de 1°.
$\sigma$ moment statique du mercure situé entre le niveau primitif et le niveau résultant d'une élévation de température de 1°.
$\iota_1$ moment d'inertie de la surface libre du mercure.
$\iota_2$ moment d'inertie du mercure situé entre le niveau primitif et le niveau résultant d'une augmentation de gradient de 1°.
$\sigma_2$ moment statique du mercure situé entre le niveau primitif et le niveau résultant d'une augmentation de gradient de 1°.

$\mu$ élément de masse.
$x$ sa distance à la suspension.
$k$ moment de troisième ordre du mercure ($\Sigma \mu x^3$).
K moment de troisième ordre de la partie solide ($\Sigma \mu x^3$).
G moment de troisième ordre du pendule $= K + k$.
$t$ température.
$\tau$ gradient (différence de température par unité de hauteur).
Q masse solide concentrée en un point.
F sa distance à la suspension.
B longueur d'une ligne matérielle solide.
C sa densité (masse de l'unité de longueur).

**Notations spéciales au IV^me chapitre.**

$\delta$ densité de l'air.
$p$ pression de l'air.
T température absolue de l'air.
$b$ coefficient barométrique de l'horloge.
$\theta$ coefficient thermique dû à l'air.
C constante de réduction aux unités choisies.
A première constante dans la formule de réduction au vide.
B deuxième constante dans la formule de réduction au vide.
$a_1$, $a_2$, $a_3$ parties de A.
$x$ valeur inconnue de $\frac{1}{2}$ B.
$\eta$ coefficient de frottement (viscosité) de l'air.
$a$ première constante dans la formule exprimant le frottement en fonction de la température.
$c$ deuxième constante dans la formule exprimant le frottement en fonction de la température.
R rayon d'un cylindre.
L longueur d'un cylindre.
E distance de la suspension jusqu'au centre de gravité d'un cylindre.

# CHAPITRE PREMIER

## Formules approchées pour le calcul de la quantité de mercure.

### 1. Formules actuelles.

Tous les ouvrages qui s'occupent du calcul de la quantité de mercure donnent l'une ou l'autre des deux formules suivantes :

*Première formule.* — Pour obtenir cette formule on ne tient aucun compte de la masse de la partie solide ; on considère seulement celle du mercure, qu'on suppose concentrée à son centre de gravité ; on est ainsi ramené au cas d'un pendule simple.

Désignons par $l$ la longueur de ce pendule simple ; soient $h$ la hauteur du mercure, $\alpha$ le coefficient de dilatation linéaire de la tige du pendule, $\alpha_1$ celui des parois du vase, $\gamma$ le coefficient de dilatation cubique du mercure ; le coefficient de dilatation apparente du mercure dans ce vase (dilatation en hauteur) sera $\beta = \gamma - 2\alpha_1$.

La longueur de la tige du point de suspension jusqu'à la base du mercure est égale à $l + \frac{h}{2}$. Supposons que la température s'élève de 1°, et soit $\Delta l$ l'allongement du pendule qui en résulte. On a la relation :

$$l + \Delta l = \left(l + \frac{h}{2}\right)(1 + \alpha) - \frac{h}{2}(1 + \beta)$$

(Si la tige n'était pas toute d'une même substance, il faudrait prendre pour $\alpha$ une moyenne établie proportionnellement aux longueurs de chacune de ces substances.)

L'équation se simplifie et donne :

$$\Delta l = l\alpha - \frac{h}{2}(\beta - \alpha)$$

Si on pose, pour abréger :

$$\beta - \alpha = \gamma - 2\alpha_1 - \alpha = \varepsilon$$

cette relation devient :

$$\Delta l = l\alpha - \frac{h}{2}\varepsilon \tag{1}$$

Pour que le pendule soit compensé, il faut qu'une variation de température n'entraîne pas de variation de longueur, c'est-à-dire que $\Delta l = 0$. La condition de compensation est donc :

$$l\alpha - \frac{h}{2}\varepsilon = 0$$

d'où on tire :

$$h = 2l\frac{\alpha}{\varepsilon} \tag{2}$$

C'est la formule dont il s'agit. En pratique, il est toutefois préférable de calculer directement le poids $p$ du mercure plutôt que sa hauteur $h$. Soient donc $r$ le rayon du vase, $\delta$ la densité du mercure, et utilisons l'abréviation $\pi r^2 \delta = c$. On a évidemment :

$$p = ch = 2cl\frac{\alpha}{\varepsilon} = 2\pi r^2 \delta l \frac{\alpha}{\gamma - 2\alpha_1 - \alpha}$$

Si nous introduisons la quantité auxiliaire $y$ (dont nous ferons encore usage dans la suite) en posant :

$$y = cl\frac{\alpha}{\varepsilon} = \pi r^2 \delta l \frac{\alpha}{\gamma - 2\alpha_1 - \alpha} \tag{3}$$

la formule obtenue se réduit à :

$$p = 2y$$

Puisque la masse de la partie solide a été négligée, la formule ci-dessus ne saurait évidemment s'appliquer qu'aux pendules dans lesquels la masse du mercure est prédominante; il ne faut pas songer à s'en servir pour des pendules différant du type usuel, par exemple pour les pendules à mercure de Riefler[1], où la masse de la partie solide atteint près des $^2/_3$ de la masse totale du pendule.

Mais même dans les pendules à mercure ordinaires, le

[1] Pour une description de ce pendule, voir : Riefler, *Zeitschr. f. Instr.*, XIII, p. 88. Voir aussi la fig. 2 et les données numériques à la page 226 du présent travail.

poids de la partie solide n'est jamais négligeable, de sorte que cette première formule[1] est toujours insuffisante : elle donne des résultats notablement trop faibles.

*Deuxième formule.* — Cette formule repose sur une erreur grossière, et elle ne mériterait pas d'être citée dans un travail sérieux, si elle ne figurait pas aujourd'hui encore dans nombre d'excellents ouvrages[2].

L'erreur commise consiste à remplacer, dans la condition de compensation (2), le coefficient de dilatation apparente du mercure, $\varepsilon$, par la dilatation elle-même, c'est-à-dire par $\pi r^2 h \varepsilon$. L'équation devient alors :

$$\frac{h}{2} \pi r_2 h \varepsilon = l \alpha$$

d'où l'on peut tirer :

$$h = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2 l \alpha}{\pi \varepsilon}} \qquad (4)$$

Il n'est pas étonnant qu'une formule qui repose sur une telle confusion donne des résultats absolument fantaisistes. L'inexactitude de cette deuxième formule se remarque d'ailleurs immédiatement à ce fait que, alors même qu'elle ne contient que des constantes et des longueurs, elle n'est pas homogène par rapport à celles-ci, de sorte qu'elle donne des résultats tout différents si l'on choisit des unités de longueur différentes !

Il est vraiment étrange que cette formule fausse ait été reproduite un peu partout, sans contrôle, pendant aussi longtemps. Ajoutons que l'erreur commise a déjà été signalée, il y a près de 30 ans, par M. Lorenzoni[3]. Mais il semble que, malheureusement, sa remarque a passé inaperçue.

[1] Voir, par exemple : Ambronn, *Astronomische Instrumentenkunde*, I, p. 230.

Karmarsch et Heeren. *Technisches Wörterbuch*, 1883, VI, p. 594.

[2] Voir : Valentiner, *Handwörterbuch der Astronomie*, IV, p. 14 (article « Uhr » de E. Gerland).

E. Gelcich. *Die Uhrmacherkunst und die Behandlung der Präcisionsuhren*, 1892, p. 315.

Cl. Saunier. *Traité d'Horlogerie moderne*, Paris, 1869, p. 709.

Ch. Laboulaye. *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, 7me éd., 1891, II (article « Horlogerie », de Breguet). Cette 7me édition semble d'ailleurs conforme, sur ce point, à la 1re, parue vers 1860 : il est donc possible qu'il faille attribuer à Breguet la paternité de cette formule.

[3] G. Lorenzoni. « Sul calcolo del altezza del mercurio in un pendolo a compensazione » *(Mem. Soc. Spectr. Ital.*, 1879, App. I).

Cette erreur a été signalée à nouveau par M. F. Keelhoff, « Calcul d'un pendule compensateur à mercure », *Journal suisse d'horlogerie*, t. XXIII, 1899, p. 256.

### 2. Formule de M. Keelhoff.

On peut modifier la formule (2) pour tenir compte du poids de la partie solide du pendule.

*Première méthode.* — En 1823 déjà, Fr. Baily[1] indiquait que la quantité de mercure calculée par la formule (2) doit être augmentée de $^1/_{10}$ de pouce, pour tenir compte de la tige, dont il évaluait la masse à $^1/_{20}$ de celle du mercure. (Les tiges des pendules de notre époque ont généralement une masse relative bien plus considérable[2]; la correction indiquée devrait donc encore être augmentée d'autant.) Mais, chose curieuse, Baily négligeait complètement la masse du récipient.

Cette lacune a été relevée par Edm. Beckett[3] qui, pour tenir compte aussi de cette masse, propose la règle suivante : « Le poids du récipient et de la tige est environ $^1/_6$ du poids exact du mercure : on doit donc augmenter d'autant la hauteur calculée par la formule (2), car celle-ci a été établie comme si toute la lentille était faite de mercure; le résultat de cette formule est donc seulement les $^5/_6$ du montant réel. »

Essayons de traduire cette règle en formule; appelons P le poids de la partie solide du pendule, et introduisons la valeur littérale $\frac{P}{p}$ du rapport de ce poids à celui du mercure, au lieu de la valeur $^1/_6$ que Beckett admet uniformément pour n'importe quel pendule; le rapport $^5/_6$ devient alors $1 - \frac{P}{p}$, et la règle de Beckett disant que le résultat fourni par la formule (2), c'est-à-dire $2y$, n'est que les $^5/_6$ du montant réel, signifie que :

$$2y = \left(1 - \frac{P}{p}\right) p$$

[1] Fr. Baily. « On the mercurial compensation pendulum. » *Mem. Astr. Soc. London*, 1825, I, p. 381-419. (Cité d'après Beckett, *Treatise on Clocks...)*

[2] Détail curieux à noter : faute d'une théorie suffisante, tenant compte de la partie solide du pendule, les constructeurs se sont efforcés pendant très longtemps de réduire celle-ci le plus possible, au détriment de l'invariabilité du pendule, naturellement; peine bien inutile, d'ailleurs, la masse de la partie solide restant quand même appréciable, et la formule continuant à donner des résultats beaucoup trop faibles. C'est pourquoi les constructeurs ont heureusement renoncé maintenant, pour la plupart, à ce stratagème, quitte à déterminer par tâtonnement la quantité de mercure nécessaire à la compensation.

[3] Edm. Beckett. *Mechanics Magazine*, 5. febr. 1864. (Cité d'après *Treatise on Clocks..*, du même auteur.)

d'où :

$$p = 2y + \mathrm{P} \tag{5}$$

La règle consisterait donc simplement à ajouter au résultat de la formule (2) le poids même de la partie solide du pendule. Cette formule (5) repose en somme sur le raisonnement suivant : La quantité de mercure $2y$ est calculée de telle façon qu'elle se compense elle-même ; il faut encore lui ajouter un poids P de mercure pour compenser le poids de la partie solide du pendule.

Il est probable cependant que Beckett ne l'entendait pas ainsi, sans quoi il eût énoncé sa règle précisément sous cette forme très simple. C'est donc plutôt la première partie de sa règle qu'il faut suivre à la lettre, à savoir qu'il faut augmenter la quantité de mercure $2y$ de $^1/_6$ de sa valeur[1], c'est-à-dire poser :

$$p = 2y + \frac{\mathrm{P}}{p} 2y \tag{6}$$

Cette nouvelle formule répond au raisonnement suivant : S'il y avait seulement du mercure à compenser, il en faudrait la quantité $2y$ ; mais, pour tenir compte de la partie solide, il faut augmenter cette quantité ; et il est naturel de l'augmenter dans le rapport du poids total du pendule, $\mathrm{P} + p$, au poids du mercure seul, $p$.

Cette formule (6), laissée sous cette forme, permet de calculer $p$ par approximations successives ; mais on peut aussi en tirer une formule explicite en la résolvant par rapport à $p$, on obtient :

$$p = y + \sqrt{y^2 + 2\mathrm{P}y} \tag{7}$$

(On doit prendre le signe $+$, car l'autre signe donne pour $p$ une valeur négative.)

*Deuxième méthode.* — Les déductions du paragraphe précédent manquent de rigueur ; il n'est donc pas inutile de les appuyer par d'autres considérations.

Remarquons tout d'abord que l'effet compensateur d'une colonne de mercure n'est pas simplement proportionnel à sa hauteur, mais bien plutôt au carré de sa hauteur. En effet, la dilatation d'une telle colonne revient au fond au transport d'une certaine quantité de mercure. La quantité de mercure

[1] C'est de cette façon que Lorenzoni a interprété la règle de Beckett : voir Lorenzoni, *loc. cit.*

transportée est naturellement proportionnelle à la quantité de mercure de la colonne; et la hauteur dont elle est déplacée est (en moyenne) la moitié de la hauteur de la colonne. On pourra admettre que l'effet compensateur est approximativement proportionnel à ces deux facteurs et dépend par conséquent du carré de la quantité de mercure.

Nous savons que la quantité de mercure $2y$ se compense elle-même. D'autre part, la quantité de mercure cherchée, $p$, doit compenser le poids total du pendule $p+\mathrm{P}$. Puisque l'effet compensateur de ces quantités est proportionnel à leur carré, et si nous admettons que cet effet compensateur doit aussi être proportionnel au poids à compenser, nous aurons la relation :

$$\left(\frac{2y}{p}\right)^2 = \frac{2y}{p+\mathrm{P}}$$

d'où on tire pour $p$ la valeur :

$$p = y + \sqrt{y^2 + 2\mathrm{P}y}$$

On retombe donc sur la même formule (7).

*Troisième méthode.* — On peut encore procéder de la façon suivante[1] :

Supposons toute la masse du pendule concentrée en son centre de gravité, et établissons la condition de compensation du pendule ainsi constitué. Nous conservons les mêmes notations que plus haut et y ajoutons les suivantes : $b$ est la distance de la base du mercure à l'axe de suspension ; $\lambda = b - \frac{h}{2}$ est alors la distance du centre de gravité du mercure à la suspension ; L est la distance du centre de gravité de la partie solide jusqu'à la suspension ; $l$ est la longueur du pendule simple, et aussi, dans notre hypothèse simplificatrice, la distance du centre de gravité du pendule entier à la suspension.

Les positions des trois centres de gravité sont liées par la relation :

$$l(p+\mathrm{P}) = p\lambda + \mathrm{PL}$$

d'où on tire pour la longueur du pendule :

$$l = \frac{p\lambda + \mathrm{PL}}{p+\mathrm{P}} \qquad (8)$$

[1] Cette démonstration équivaut à celle donnée par M. Keelhoff ; *loc. cit.*

Si on y remplace $\lambda$ par sa valeur $b - \frac{h}{2}$, cettte formule devient :

$$l = \frac{pb - p\frac{h}{2} + \mathrm{PL}}{p + \mathrm{P}}$$

Supposons que la température s'élève de 1°, et soit $\Delta l$ l'allongement de $l$ qui en résulte. On aura :

$$l + \Delta l = \frac{pb(1+\alpha) - p\frac{h}{2}(1+\beta) + \mathrm{PL}(1+\alpha)}{p + \mathrm{P}}$$

$$= l + \frac{pb\alpha - p\frac{h}{2}\beta + \mathrm{PL}\alpha}{p + \mathrm{P}}$$

On peut supprimer $l$ dans les deux membres, et il reste pour la valeur de l'allongement du pendule :

$$\Delta l = \frac{pb\alpha - p\frac{h}{2}\alpha + \mathrm{PL}\alpha - p\frac{h}{2}(\beta - \alpha)}{p + \mathrm{P}} = l\alpha - \frac{ph\varepsilon}{2(p + \mathrm{P})}$$

Introduisons ici aussi la constante $c = \pi r^2 \delta = \frac{p}{h}$. Le résultat obtenu peut s'écrire :

$$\Delta l = l\alpha - \frac{p^2\varepsilon}{2c(p + \mathrm{P})} \qquad (9)$$

Pour que le pendule soit compensé, il faut qu'une élévation de température de 1° n'altère pas sa longueur, c'est-à-dire qu'on ait $\Delta l = 0$, d'où :

$$l\alpha = \frac{p^2\varepsilon}{2c(p + \mathrm{P})} \qquad (10)$$

Il ne reste plus qu'à résoudre cette équation par rapport à $p$, la quantité de mercure :

$$p^2 - 2cl\frac{\alpha}{\varepsilon}p - 2cl\frac{\alpha}{\varepsilon}\mathrm{P} = 0$$

Posons comme auparavant, pour abréger :

$$cl\frac{\alpha}{\varepsilon}=y$$

l'équation s'écrit alors :

$$p^2-2yp-2y\mathrm{P}=0$$

et on en tire :

$$p=y+\sqrt{y^2+2\mathrm{P}y}$$

On retrouve donc par cette troisième méthode la formule (7) déjà donnée par les deux autres.

Cette dernière démonstration, un peu plus longue que les précédentes, a le grand avantage de bien mettre en évidence les simplifications et les suppositions sur lesquelles cette formule repose : On ne considère qu'un pendule simple, constitué par le centre de gravité du système, mais on détermine la position de ce centre de gravité en tenant compte, non seulement du mercure, comme pour la formule (2), mais aussi de la partie solide du pendule.

Cette formule de M. Keelhoff, que nous venons d'obtenir par trois méthodes différentes, ne peut, comme la formule actuelle (2), s'appliquer qu'aux pendules du type ordinaire; dans ce cas seulement les centres de gravité du mercure, de la partie solide, et du pendule entier sont suffisamment rapprochés du centre d'oscillation pour qu'on puisse substituer un pendule simple au pendule composé.

### 3. Simplification proposée pour la formule de M. Keelhoff.

Même dans ce cas du pendule à mercure usuel, la formule (7) n'est qu'approchée; ce fait n'a d'ailleurs pas grand inconvénient en pratique, car il est une autre cause d'erreur beaucoup plus grande que celle qui résulte de l'emploi de la formule (7); elle provient de l'incertitude du coefficient de dilatation de la tige $\alpha$. Ce coefficient varie beaucoup d'une tige à une autre. M. Riefler[1], en faisant déterminer les coefficients de dilatation des tubes d'acier dont il se servait pour ses pendules, a obtenu des valeurs variant de $10{,}34\times10^{-6}$ à $11{,}62\times10^{-6}$. Les variations sont donc très grandes, et si le coefficient n'a pas été déterminé spécialement pour une tige,

[1] Riefler. *Loc. cit.*

l'erreur qu'on commet en admettant pour ce coefficient une valeur moyenne peut dépasser $^1/_{20}$ du montant total.

Dans ces conditions, on peut se demander s'il n'y a pas lieu de simplifier encore la formule approchée (7).

*Première simplification.* — On peut tout d'abord en faire disparaître la racine en procédant comme suit :

$$\begin{aligned} p &= y + \sqrt{y^2 + 2Py} \\ &= y + \sqrt{y^2 + 2Py + P^2 - P^2} \\ &= y + \sqrt{(y+P)^2 - P^2} \\ &= y + (y+P)\sqrt{1 - \left(\frac{P}{y+P}\right)^2} \end{aligned}$$

La racine est maintenant développable en série convergente, car $\frac{P}{y+P} < 1$. Donc :

$$p = y + (y+P)\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{P}{y+P}\right)^2 - \frac{1}{8}\left(\frac{P}{y+P}\right)^4 - \frac{1}{16}\left(\frac{P}{y+P}\right)^6 - \cdots\right]$$

En pratique, $y$ est toujours supérieur ou au moins égal à P, de sorte que $\frac{P}{y+P} \leqq \frac{1}{2}$ ; il en résulte que le troisième terme du développement, $\frac{1}{8}\left(\frac{P}{y+P}\right)^4$, peut déjà être abandonné, car sa valeur ne dépasse pas $^1/_{100}$ ou $^1/_{200}$ de la valeur totale de $p$, exactitude à laquelle la formule (7) ne saurait prétendre. Il reste donc :

$$p = y + (y+P)\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{P}{y+P}\right)^2\right]$$

qu'on peut aussi écrire :

$$p = 2y + P - \frac{P^2}{2(y+P)}$$

ou encore :

$$p = 2y + P\left(1 - \frac{P}{2(y+P)}\right) \qquad (11)$$

*Deuxième simplification.* — Cette formule (11) est elle-même inutilement compliquée. Son troisième terme, puisque $P < y$, est toujours plus petit que $^1/_{10}$ du résultat total $p$. On peut donc, sans inconvénient, remplacer le deuxième terme de la parenthèse par une valeur numérique constante convenablement choisie, ce qui ramène la formule (11) à une forme linéaire très simple.

Voici la valeur $\frac{P}{2(y+P)}$ pour quelques pendules de types assez variés :

| | | |
|---|---|---|
| Pendule de | Frodsham (cité par M. Lorenzoni) . | 0,15 |
| » | Dencker (cité par M. Wanach) . . | 0,15 |
| » | D. Perret (nouveau modèle) . . . | 0,25 |

Il est préférable d'adopter la valeur la plus grande, c'est-à-dire $0{,}25 = {}^1/_4$, car nous verrons tout à l'heure que si la formule simplifiée est valable pour une valeur de ce rapport, elle l'est aussi pour des valeurs moindres, tandis qu'elle ne l'est pas pour des valeurs notablement supérieures. C'est pour qu'elle le soit cependant encore pour des valeurs légèrement supérieures qu'on pourrait rencontrer, que nous choisissons la valeur la plus grande. La formule (11) devient alors :

$$p = 2y + {}^3/_4 P$$

Il n'y a plus aucun intérêt à maintenir ici la quantité auxiliaire $y$. Nous avons donc :

$$p = 2\pi r^2 \delta l \frac{\alpha}{\gamma - 2\alpha_1 - \alpha} + {}^3/_4 P \qquad (12)$$

Lorsque la tige et le vase sont en acier (et c'est bien la solution la meilleure) on a $\alpha = \alpha_1 = 0{,}000\,011$ en moyenne. On sait de plus que, pour le mercure, $\delta = 13{,}60$, $\gamma = 0{,}000\,181$. La formule (12) devient alors, dans le cas d'un pendule battant la seconde ($l = 99^{cm},4$) :

$$p = 631\, r^2 + {}^3/_4 P$$

*Valeur des termes négligés.* — Il nous reste à montrer que la somme des termes abandonnés dans ces deux simplifications est vraiment négligeable en pratique; il nous faut donc comparer les résultats fournis par les formules (7) et (12). Remarquons tout d'abord que ces deux formules don-

nent des résultats identiques pour les deux cas spéciaux $P = 0$ et $P = {}^8/_9 y$. Pour les autres valeurs de P, il y a un écart donné par la différence des deux formules, c'est-à-dire par

$$\sqrt{y^2 + 2Py} - y - {}^3/_4 P$$

Cherchons le maximum de cette quantité en égalant à zéro sa première dérivée par rapport à P :

$$\frac{y}{\sqrt{y^2 + 2Py}} - {}^3/_4 = 0$$

d'où :

$$\begin{aligned} 4y &= 3\sqrt{y^2 + 2Py} \\ 16y^2 &= 9y^2 + 18Py \\ 7y^2 &= 18Py \end{aligned}$$

La solution $y = 0$ ne saurait correspondre à un maximum. Il reste :

$$\begin{aligned} 7y &= 18P \\ P &= {}^7/_{18} y \end{aligned}$$

L'écart des formules (7) et (12) est donc maximum, entre $P = 0$ et $P = y$, pour la valeur $P = {}^7/_{18} y$, et cet écart maximum a pour valeur :

$$\sqrt{y^2 + {}^7/_9 y^2} - y - {}^{21}/_{72} y = {}^4/_3 y - {}^{31}/_{24} y = {}^1/_{24} y$$

Donc, tant que P reste compris entre 0 et ${}^8/_9 y$, l'écart des deux formules ne dépasse pas ${}^1/_{24} y$, c'est-à-dire environ ${}^1/_{60}$ du poids total du mercure, et on peut sans inconvénient employer la formule simplifiée (12).

Mais dès que le poids P dépasse sensiblement cette limite ${}^8/_9 y$, il n'en est plus de même : les résultats fournis par les deux formules s'écartent de plus en plus. Calculons donc jusqu'à quelle valeur de P, supérieure à ${}^8/_9 y$, on peut aller sans que l'écart dépasse cette même limite ${}^1/_{24} y$. Pour la trouver, il suffit de poser :

$$\sqrt{y^2 + 2Py} - y - {}^3/_4 P = \pm {}^1/_{24} y$$

d'où l'on tire :

$$324P^2 - 36(8 \mp 1)Py + (1 \pm 48)y^2 = 0$$

d'où :

$$P = \frac{8 \mp 1 \pm \sqrt{64 \mp 64}}{18} y$$

En prenant les signes supérieurs de l'équation, on réobtiendrait la valeur $P = {}^7/_{18} y$, qui ne nous concerne plus ici. Les signes inférieurs de l'équation donnent :

$$P = \frac{9 \pm 8\sqrt{2}}{18} y$$

La valeur positive présente seule un intérêt pratique. On a donc :

$$P = \left(\frac{1}{2} + \frac{4}{9}\sqrt{2}\right) y = 1{,}128\, y \asymp 1\,{}^1/_8\, y$$

Pour résumer toute cette discussion, nous pouvons donc dire que tant que P ne dépasse pas la valeur $1\,{}^1/_8 y$, la formule (12) peut parfaitement remplacer (7), l'erreur commise de ce fait ne dépassant pas ${}^1/_{60}$ de la quantité totale du mercure. Mais par contre, dès que P dépasserait cette limite, l'erreur deviendrait rapidement beaucoup plus grande; mais il faut remarquer en même temps que dès que P dépasserait sensiblement cette limite, la formule complète (7) elle-même cesserait d'être applicable, car on s'écarterait trop du cas où la masse du mercure est prépondérante.

Donc, en pratique, il y a lieu d'employer dans tous les cas la formule (12), plus simple, au lieu de la formule (7); et lorsque le poids P dépassera notablement la limite $1\,{}^1/_8 y$, il sera nécessaire de recourir à un calcul exact du pendule composé, d'après la méthode exposée au chapitre suivant.

### 4. Formule de M. Lorenzoni. Comparaison des résultats.

En 1879 déjà, la question qui nous occupe a fait l'objet d'une étude intéressante de M. G. Lorenzoni[1]. Si, en dépit de l'ordre chronologique, nous n'en avons pas parlé jusqu'ici, c'est que la méthode suivie par M. Lorenzoni pour résoudre ce problème est intermédiaire entre la méthode approchée employée dans les paragraphes précédents et la méthode exacte qui sera développée au chapitre II.

[1] G. Lorenzoni. *Loc. cit.*

M. Lorenzoni pose comme condition de compensation parfaite que le centre de gravité du système ne doit pas être déplacé par un changement de température (c'est exactement ce qu'a fait M. Keelhoff, mais en spécifiant qu'il s'agit d'une simplification); ce faisant, il considère donc son pendule comme un pendule simple.

Mais dans la deuxième partie de sa démonstration, M. Lorenzoni s'écarte de la méthode suivie par M. Keelhoff. Au lieu d'admettre pour la distance de ce centre de gravité à la suspension la longueur du pendule simple synchrone (ce qui semblerait logique), M. Lorenzoni considère son pendule comme composé, et cherche alors la relation qui lie ces deux quantités; cette relation est naturellement compliquée; M. Lorenzoni n'arrive à la simplifier qu'en en diminuant la généralité, en remplaçant certains rapports littéraux par leur valeur numérique dans un cas spécial, en considérant donc un modèle tout particulier de pendule à mercure. Il obtient ainsi la formule:

$$p = 2y + \frac{P' + {}^1/_2 P''}{p} 2y \qquad (13)$$

où P′ désigne le poids du vase, P″ celui de la tige. Cette formule, comparable à la formule (6), permet de calculer $p$ par approximations successives; on pourrait naturellement en tirer aussi une formule explicite analogue à (7), puis aussi une formule simplifiée du genre de (12).

On voit par ces quelques indications que la théorie qu'a donnée M. Lorenzoni pour la compensation à mercure est un curieux mélange des deux méthodes; il faut sans doute en voir la cause dans ce fait que M. Lorenzoni admet comme condition de compensation parfaite l'invariabilité de position du centre de gravité du pendule aux diverses températures, tandis que (nous aurons l'occasion de le voir encore au chapitre suivant) la condition d'une compensation rigoureuse est l'invariabilité du rapport du moment d'inertie au moment statique.

Il y a lieu de remarquer à ce propos que, alors même que la formule de M. Lorenzoni repose sur une théorie plus compliquée que celle qui a conduit à la formule (12), il n'est nullement certain *a priori* que les résultats qu'elle donne sont préférables. Pour établir (12), on a introduit partout la considération d'un pendule simple, et il y a des chances pour que l'erreur commise de ce fait se compense, en partie du moins; tandis que M. Lorenzoni n'admet cette hypothèse que dans

une partie de sa démonstration : il y a alors des chances que l'erreur ainsi commise se retrouve toute entière dans le résultat. La comparaison pratique des deux formules confirme cette manière de voir ; elle montre qu'en effet la formule (12) est préférable à celle de M. Lorenzoni.

Ces remarques critiques sont loin d'enlever toute valeur au travail de M. Lorenzoni ; et la formule qu'il proposait est tellement supérieure aux formules usuelles qu'il est bien regrettable qu'elle ne leur ait pas été substituée, au cours des 30 dernières années, dans les nombreux ouvrages que nous avons cités plus haut.

Pour se rendre compte du degré d'exactitude de ces diverses formules, le mieux est de comparer leurs résultats à ceux du calcul exact. C'est ce que nous avons fait pour quelques pendules :

(La première ligne du tableau suivant se rapporte à un pendule simplifié et schématisé par M. Wanach[1], et dont il a

[1] B. Wanach. *Loc. cit.* Pour la commodité du lecteur, nous reproduisons ici les schémas et les dimensions des deux pendules à mercure étudiés par M. Wanach. (Pour chaque partie, R désigne le rayon, L la longueur, E la distance du centre de gravité à la suspension.)

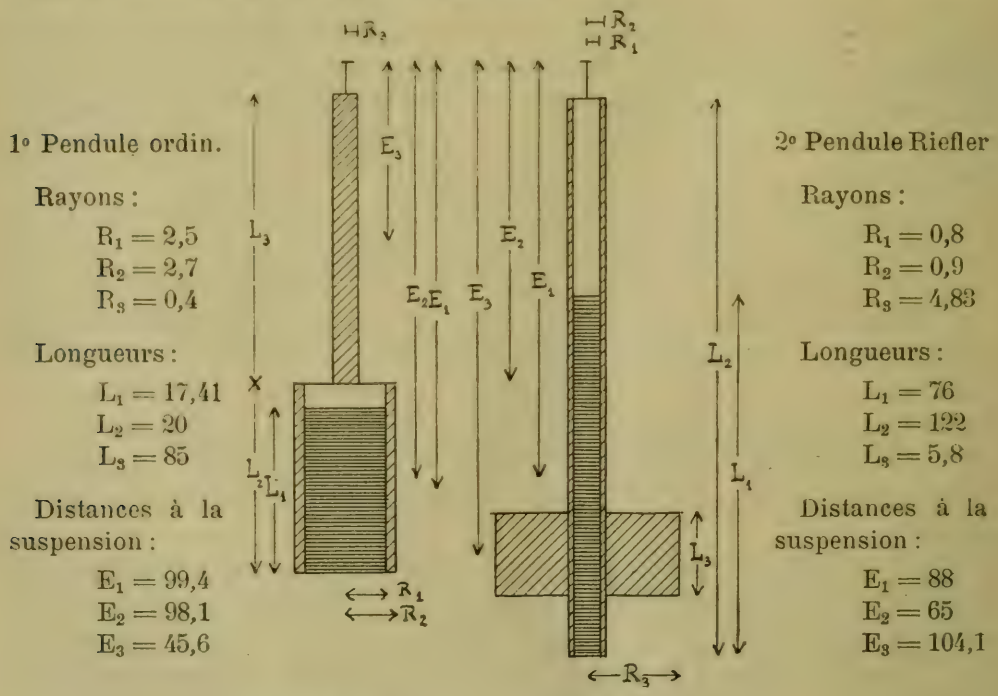



*Fig. 1.* Pendule à mercure usuel de Dencker

*Fig. 2.* Pendule à mercure de Riefler

(d'après M. B. Wanach).

La densité du mercure est de $D_1 = 13,60$ ; celle admise pour les parties solides (acier) $D_2 = D_3 = 7,8$.

fait le calcul exact. Les pendules qui suivent ont été observés à l'Observatoire de Neuchâtel[1]; D. Perret 10A et D. Perret 10B désignent un même pendule, calculé pour deux coefficients de dilatation un peu différents. Tous ces pendules sont à tige et vase d'acier.)

| | Poids du mercure calculé par la formule actuelle (2) | formule proposée (de M. Keelhoff, simplifiée) (12) | formule de M. Lorenzoni (13) | méthode exacte (chap. II) |
|---|---|---|---|---|
| Dencker 27 (d'après M. Wanach) | 3900 gr | 4600 gr | 4500 gr | 4600 gr |
| D. Perret 7 . . | 4000 | 5600 | 5300 | 5500 |
| D. Perret 9 . . | 4300 | 5900 | 5700 | 5900 |
| D. Perret 10 A . | 4800 | 6500 | 6200 | 6600 |
| D. Perret 10 B . | 4600 | 6200 | 6000 | 6300 |

Les corrections qu'il faudrait appliquer à ces résultats sont donc :

| | Formule actuelle (2) | Formule proposée (de M. Keelhoff, simplifiée) (12) | Formule de M. Lorenzoni (13) |
|---|---|---|---|
| Dencker 27 (d'après M. Wanach) | + 700 gr | 0 gr | + 100 gr |
| D. Perret 7 . . | + 1500 | — 100 | + 200 |
| D. Perret 9 . . | + 1600 | 0 | + 200 |
| D. Perret 10 A . | + 1800 | + 100 | + 400 |
| D. Perret 10 B . | + 1700 | + 100 | + 300 |

On voit combien la formule actuelle est défectueuse; les deux autres, par contre, donnent des résultats très acceptables. Ceux de la formule de Lorenzoni sont tous un peu trop faibles; ceux de la formule proposée, en revanche, sont exacts en moyenne, et les écarts individuels ne dépassent pas $^1/_{50}$ de la valeur entière. La formule proposée est donc très satisfaisante.

### 5. Formule de correction.

Il arrive souvent qu'on doive corriger la compensation d'un pendule en tenant compte des marches observées. Le problème qui se pose alors est le suivant : combien de mercure faut-il ajouter ou retrancher pour compenser un coefficient thermique donné.

[1] Pour ces pendules Perret, qui sont tous du même type, le poids de la tige est de 725 gr., le poids de la partie mobile (chope, couvercle, etc.) de 1435 gr., donc le poids total de la partie solide $p = 2160$ gr. Le récipient à mercure (au travers duquel, dans ce modèle, passe la tige du pendule) a les dimensions suivantes : diamètre de la paroi extérieure $5^{cm},4$, diamètre de la paroi intérieure $1^{cm},22$. On a admis pour les densités les mêmes valeurs que M. Wanach, et pour le coefficient de dilatation de l'acier $\alpha$, $0,000\,010_2$ pour P 7, $0,000\,010_9$ pour P 9, $0,000\,012_0$ pour P 10 A et $0,000\,011_6$ pour P 10 B (voir p. 240).

Il faut d'abord établir une relation générale entre la variation de marche d'une horloge et la variation correspondante de la longueur de son pendule (longueur du pendule simple synchrone). On sait que la durée d'oscillation T et la longueur $l$ du pendule sont liées par la relation :

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

on en tire par différenciation logarithmique :

$$\frac{dT}{T} = \frac{1}{2}\frac{dl}{l} \qquad dT = \frac{T}{2l}dl$$

On peut y remplacer les différentielles par les différences si les puissances supérieures de celles-ci sont négligeables :

$$\Delta T = \frac{T}{2l}\Delta l$$

Soit N le nombre d'oscillations du pendule par jour; il suffit de multiplier $\Delta T$ par N pour obtenir la variation correspondante $\Delta m$ de la marche diurne :

$$\Delta m = \frac{NT}{2l}\Delta l$$

mais $NT = 86\,400$, donc :

$$\Delta m = \frac{43\,200}{l}\Delta l \qquad (14)$$

Ainsi, la relation entre $\Delta m$ et $\Delta l$ varie un peu suivant l'endroit où l'on se trouve, puisqu'elle contient la longueur $l$ du pendule simple synchrone ; elle varie aussi suivant le temps que doit battre le pendule, temps moyen ou temps sidéral. Pour un pendule battant la seconde de temps moyen, si nous adoptons $l = 99^{cm},4$, la relation (14) devient :

$$\Delta m = 434,6\,\Delta l$$

et inversément :

$$\Delta l = 0,002\,301\,\Delta m$$

Si, dans ces formules générales, on introduit pour $\Delta m$ le coefficient thermique qu'on a observé, c'est-à-dire la variation de marche pour une élévation de température de 1°, l'allongement correspondant $\Delta l$ du pendule s'en déduit immédiatement.

$\Delta l$ étant ainsi déterminé, voici comment on en déduit d'ordinaire[1] la quantité $\Delta h$ dont il faut augmenter la hauteur $h$ du mercure. On suppose, ici aussi, que la masse de la partie solide est négligeable par rapport à celle du mercure. L'équation (1) est donc applicable :

$$\Delta l = l\alpha - \frac{h}{2}\varepsilon$$

Si l'on veut que le pendule soit bien compensé pour une hauteur $h + \Delta h$, on aura en outre, d'après (2) :

$$0 = l\alpha - \frac{h + \Delta h}{2}\varepsilon$$

d'où, par soustraction :

$$\Delta l = \frac{1}{2}\varepsilon\Delta h$$

et par suite :

$$\Delta h = \frac{2\Delta l}{\varepsilon}$$

Si on veut la correction en poids, il faut simplement multiplier cette valeur par $c = \pi r^2 \delta$ :

$$\Delta p = \frac{2c\Delta l}{\varepsilon} = \frac{2\pi r^2 \delta \Delta l}{\varepsilon} \qquad (15)$$

On peut encore, dans (15), introduire la valeur de $\Delta l$ d'après (14). Si, de plus, on admet les valeurs numériques $\delta = 13{,}596$ et $\varepsilon = 0{,}000148$ (mercure dans un vase d'acier, la tige du pendule également en acier, $\alpha = 0{,}000011$), on obtient[2] :

$$\Delta p = 1330\, r^2 \Delta m$$

[1] Voir, par exemple, Ambronn, *loc. cit.*

[2] Cette formule est donnée par Albrecht, « Formeln et Hilfstafeln ». Toutefois, dans la dernière édition (4me, 1908) le coefficient a été porté à 1500. Nous verrons tout à l'heure que ce n'est pas encore suffisant.

Ces formules donnent toujours des résultats trop faibles d'environ $^1/_5$ ou $^1/_4$ de leur valeur. On pourrait croire tout d'abord que cet écart provient, ici aussi, de ce qu'on a négligé la partie solide. Il n'en est rien cependant; si l'on tient compte de cette masse et qu'on introduise les simplifications qui nous ont conduit à la formule (12), c'est-à-dire si on se base sur une condition linéaire de compensation, on obtient exactement la même formule. Il est vrai que si on se base sur la condition de compensation non simplifiée, on obtient d'autres formules, plus compliquées; mais elles ne présentent guère d'avantage sur la précédente, car elles donnent aussi des résultats trop faibles. Il semble donc que ces écarts proviennent du fait que nous avons considéré un pendule simple, alors qu'il s'agit en réalité d'un pendule composé.

La solution la plus pratique est d'employer la formule (15), mais d'en multiplier le résultat par 1,22, cette constante ayant été déterminée empiriquement[1]. On a alors :

$$\Delta p = \frac{2.44\,\pi r^2 \delta \Delta l}{\varepsilon} \tag{16}$$

et, en particulier, dans le cas de l'acier :

$$\Delta p = 1620\, r^2 \Delta m$$

Lorenzoni[2] propose une formule de correction qui peut se déduire de la formule usuelle (15) exactement comme la formule proposée (12) se déduisait de la formule usuelle (2), c'est-à-dire en en multipliant le résultat par le rapport $\frac{p+P}{p}$ du poids total du pendule au poids du mercure. On obtient ainsi :

$$\Delta p = 2c\,\frac{p+P}{p}\,\frac{\Delta l}{\varepsilon} = 2\,\frac{p+P}{p}\cdot\frac{\pi r^2 \delta \Delta l}{\varepsilon} \tag{17}$$

et en particulier, pour une tige et un vase d'acier :

$$\Delta p = 1330\,\frac{p+P}{p}\, r^2 \Delta m$$

[1] On voit au tableau suivant que le rapport de la correction exacte (dernière colonne) à celle fournie par la formule actuelle (1re colonne) est de 1,17 et 1,14, en moyenne 1,16 pour le pendule Dencker, et de 1,23, 1,25 et 1,36, en moyenne 1,28 pour le pendule D. Perret. La moyenne de ces deux résultats est 1,22.

[2] Lorenzoni. *Loc. cit.*

Cette formule de Lorenzoni (17) est bien préférable à la formule usuelle (15); mais elle est un peu moins bonne que la formule empirique plus simple (16). C'est ce que montrent les résultats suivants, donnés par ces formules dans quelques cas particuliers :

| | Correction de la quantité de mercure calculée par la formule actuelle (15) | formule proposée (16) | formule de M. Lorenzoni (17) | méthode exacte (chap. II) |
|---|---|---|---|---|
| Dencker 27 I (d'après M. Wanach) | — 360gr | — 440gr | — 430gr | — 420gr |
| » II » | — 140 | — 170 | — 160 | — 160 |
| D. Perret 9 . . . . | + 350 | + 430 | + 480 | + 430 |
| D. Perret 10 A . . . | + 870 | + 1060 | + 1160 | + 1090 |
| D. Perret 10 B . . . | — 140 | — 170 | — 190 | — 190 |

Les corrections qu'il faudrait apporter à ces résultats sont donc :

| | Formule actuelle (15) | Formule proposée (16) | Formule de M. Lorenzoni (17) |
|---|---|---|---|
| Dencker 27 I (d'après M. Wanach) | — 60gr | + 20gr | + 10gr |
| » II » | — 20 | + 10 | 0 |
| D. Perret 9 . . . . | + 80 | 0 | — 50 |
| D. Perret 10 A . . . | + 220 | + 30 | — 70 |
| D. Perret 10 B . . . | — 50 | — 20 | 0 |

On voit que les erreurs que laisse subsister la formule (16), la meilleure des trois, sont absolument sans importance en pratique. Il est bien entendu que cette formule de correction, elle aussi, n'est valable que pour les pendules à mercure ordinaires.

## CHAPITRE II

## Calcul exact de la quantité de mercure.

### 1. Cas d'un vase cylindrique. Formule de M. Wanach.

Les formules établies au chapitre précédent ne sont qu'approchées. Dans le cas où l'on connaît un peu exactement le coefficient de dilatation de la tige du pendule, il y aura avantage à les remplacer par une méthode plus rigoureuse.

Ces formules, d'ailleurs, ne sont applicables qu'à des pendules à mercure ordinaires; elles sont absolument sans valeur pour des pendules à mercure d'autres types, qu'il s'agisse du pendule à mercure de Riefler, par exemple, ou de tout autre nouveau système qu'on serait amené à construire dans la suite. Pour ces pendules-là, il est nécessaire d'abandonner définitivement la supposition du pendule simple et de recourir à la théorie exacte du pendule composé.

Notons qu'on trouve jusqu'ici bien peu d'exemples de calcul exact de compensation. On ne peut guère citer que le calcul par approximations successives de Oudemans[1] (il s'agissait de compenser un pendule à la fois pour les variations de température et pour celles de pression) et plus récemment, le calcul des pendules à mercure de Riefler (la méthode employée par ce dernier a été exposée dans ses grandes lignes par M. E. Anding[2]).

Il faut sans doute voir la principale cause de ce peu d'empressement dans le fait qu'on ne connaît généralement pas avec une précision suffisante une des données indispensables, le coefficient de dilatation de la tige; dès lors, le calcul exact paraît superflu; on se contente d'un calcul approché, quitte à corriger ensuite la compensation d'après les marches observées. Le remède à cette situation n'est pas difficile à trouver, et il est vraiment très désirable qu'on imite de plus en plus l'exemple donné par M. Riefler et qu'on fasse déterminer le coefficient de dilatation de chaque tige; alors seulement le

[1] J.-A.-C. Oudemans. « Ueber die Compensation eines Sekundenpendels für Temperatur und Luftdruck vermittelst eines Quecksilberscylinders und eines Krüger'schen Manometers. » (A. N., 100, 1881, p. 17 et *Zeitschr. f. Instr.*, 1881.)

[2] E. Anding. « Bericht über den Gang einer Riefler'schen Pendeluhr. » (A. N., 133, 1893, p. 217.)

calcul exact pourra permettre d'atteindre du premier coup une compensation pratiquement parfaite et d'éviter ainsi des périodes d'essais qui durent parfois plusieurs années.

Mais il semble que deux autres causes encore ont dissuadé horlogers et astronomes de recourir à cette méthode exacte. C'est tout d'abord que celle-ci donne des formules très compliquées, dont il semble difficile de tirer un résultat assez simple pour être utilisable en pratique. C'est ensuite qu'on a cru nécessaire d'évaluer le moment d'inertie du pendule, opération assez longue et fastidieuse quand la forme de la partie solide n'est pas très simple.

Je me propose de montrer que si l'on emploie une formule due à M. B. Wanach[1], on peut éviter les deux inconvénients que je viens de signaler; et il n'y a dès lors plus aucune raison de ne pas préférer le calcul exact à la méthode approchée.

Il y a lieu tout d'abord de bien se rendre compte du degré d'approximation nécessaire dans les calculs qui vont suivre. On peut admettre que, pour une horloge astronomique installée dans des conditions tant soit peu favorables, l'écart de la température diurne à la température moyenne annuelle ne dépasse guère $10^{\circ}$. Remarquons de plus que des écarts accidentels de $0^{s},05$ dans la marche diurne sont fréquents, et qu'un défaut de compensation qui ne produirait pas d'écarts plus grands que celui-là n'aurait plus d'inconvénient. Il suffit donc que le coefficient thermique de l'horloge soit moindre que $0^{s},005$. D'autre part un pendule non compensé, à tige d'acier, s'allongerait par degré de $l\alpha = l \times 0,000011$ environ; son coefficient thermique serait donc, d'après la formule (14) du chapitre précédent, $0^{s},48$, donc environ $^1/_2$ s. On voit qu'il suffira de compenser cette quantité à $^1/_{100}$ près pour obtenir l'exactitude de compensation désirée. Il suffit donc en pratique d'évaluer au $^1/_{100}$ près les quantités qui interviennent dans ces calculs.

On peut dès lors négliger, comme on le fait d'ailleurs toujours, les puissances et produits des coefficients de dilatation, puisque le plus grand de ceux-ci, le coefficient de dilatation cubique du mercure, a pour valeur 0,000181.

On peut aussi ne pas tenir compte du terme du second degré de la dilatation. On a, par exemple, pour le coefficient de dilatation de l'acier fondu (anglais) recuit, d'après Fizeau, la valeur :

$$[1095 + 1,52(t - 40^{\circ})]\,10^{-8}$$

[1] B. Wanach. *Loc. cit.*

Comme nous ne considérons que des écarts de température de 10°, les coefficients de dilatation qui interviendront se rapporteront à des températures s'écartant tout au plus de 5° de la température moyenne. Or, pour 5°, on voit que le coefficient varie d'environ huit unités de la huitième décimale, donc d'une quantité moindre que $^1/_{100}$ du coefficient lui-même. Le rapport des deux termes est du même ordre de grandeur pour les autres métaux qui pourraient être utilisés. Quant au mercure, le coefficient du second terme de sa dilatation est encore beaucoup plus faible par rapport à celui du premier.

Voici maintenant une démonstration, un peu généralisée, de la formule de M. Wanach :

Soient N le moment d'inertie, D le moment statique du pendule composé. La durée d'oscillation est définie par la longueur $l$ du pendule simple synchrone donnée par la formule :

$$l = \frac{N}{D}$$

Ces trois quantités sont en général fonctions de la température $t$. Pour que le pendule soit compensé, il faut que $l$ ne varie plus avec $t$, c'est-à-dire que la dérivée $\frac{dl}{dt}$ soit nulle. La condition de compensation d'un pendule quelconque est donc :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{1}{D^2}\left(D\frac{dN}{dt} - N\frac{dD}{dt}\right) = \frac{1}{D}\left(\frac{dN}{dt} - l\frac{dD}{dt}\right) = 0 \qquad (1)$$

Considérons maintenant plus spécialement un pendule à mercure. Soient J le moment d'inertie, S le moment statique de la partie solide du pendule, $i$ le moment d'inertie et $s$ le moment statique du mercure. On a :

$$N = J + i \qquad D = S + s$$

d'où :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{1}{D}\left[\frac{dJ}{dt} + \frac{di}{dt} - l\left(\frac{dS}{dt} + \frac{ds}{dt}\right)\right] = 0 \qquad (1^{bis})$$

Supposons en outre que la partie solide du pendule, de forme absolument quelconque, est constituée par une seule substance de coefficient de dilatation $\alpha$.

On sait que le moment d'inertie et le moment statique sont de la forme :

$$J = \Sigma \mu x^2 \qquad S = \Sigma \mu x$$

$\mu$ désignant l'élément de masse, $x$ la distance de cet élément à la suspension. (Notons que $x$ n'a pas rigoureusement la même signification dans ces deux formules : dans la première $x$ signifie bien la distance de l'élément à l'axe, dans la seconde, la projection de cette distance sur l'axe de symétrie du pendule. Mais cette distinction n'a pas d'importance pour ce qui va suivre.)

Le coefficient de dilatation de toutes ces distances $x$ étant uniformément $\alpha$, on a :

$$\frac{dx}{dt} = x\alpha$$

de sorte que :

$$\frac{dJ}{dt} = \Sigma \mu 2 x x \alpha = 2 J \alpha \qquad \frac{dS}{dt} = \Sigma \mu x \alpha = S \alpha$$

On obtient ainsi :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{1}{D}\left[2 J \alpha - l S \alpha + \frac{di}{dt} - l \frac{ds}{dt}\right] = 0 \qquad (2)$$

C'est la condition de compensation d'un pendule à mercure de forme absolument quelconque.

Supposons maintenant que le récipient à mercure soit de forme cylindrique (c'est le cas de tous les pendules à mercure actuellement en usage). On a alors, en appelant $h$ la hauteur et $r$ le rayon du cylindre de mercure, $m$ sa masse, $b$ la distance de sa base à la suspension, en appliquant deux formules connues de la mécanique :

$$i = m\frac{r^2}{4} + m\frac{h^2}{12} + m\left(b - \frac{h}{2}\right)^2 = m\left(\frac{r^2}{4} + b^2 - bh + \frac{h^2}{3}\right)$$

$$s = m\left(b - \frac{h}{2}\right)$$

Or on a naturellement :

$$\frac{dr}{dt} = r\alpha \qquad \frac{db}{dt} = b\alpha$$

Si $\gamma$ désigne le coefficient de dilatation cubique absolue du mercure, $\gamma - 2\alpha = \beta$ est son coefficient de dilatation en hauteur, dans un vase de dilatation $\alpha$. Donc on aura :

$$\frac{dh}{dt} = h\beta$$

On en déduit :

$$\begin{aligned}\frac{di}{dt} &= m\left[\left(\frac{r^2}{2} + 2b^2 - bh\right)\alpha - h\left(b - \frac{2h}{3}\right)\beta\right] \\ &= 2i\alpha - m\left[h\left(b - \frac{2h}{3}\right)\beta - h\left(b = \frac{2h}{3}\right)\alpha\right] \\ &= 2i\alpha - mh\left(b - \frac{2h}{3}\right)\varepsilon\end{aligned}$$

si l'on pose pour abréger : $\varepsilon = \beta - \alpha = \gamma - 3\alpha$.

De même :

$$\frac{ds}{dt} = m\left(b\alpha - \frac{h}{2}\beta\right) = s\alpha - m\left(\frac{h}{2}\beta - \frac{h}{2}\alpha\right)$$

$$\frac{ds}{dt} = s\alpha - m\frac{h}{2}\varepsilon$$

En introduisant ces deux valeurs dans la formule (2), on obtient :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{1}{D}\left[2J\alpha - lS\alpha + 2i\alpha - mh\left(b - \frac{2h}{3}\right)\varepsilon - ls\alpha + lm\frac{h}{2}\varepsilon\right]$$

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{mh}{D}\left(b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2}\right)\varepsilon = 0 \qquad (3)$$

condition de compensation

C'est la formule très simple, due à M. Wanach, qu'il s'agissait de démontrer.

### 2. Applications de la formule de M. Wanach.

La formule de M. Wanach permet de résoudre très commodément les diverses questions qui peuvent se poser au sujet d'une compensation à mercure.

*Calcul du coefficient thermique d'un pendule.* — Cette formule (3) permet d'abord de calculer le défaut de compensation $\frac{dl}{dt}$ d'un pendule donné, lorsqu'on connaît le coefficient de dilatation $\alpha$ de la substance[1] dont il est construit. Les autres quantités qui interviennent dans la formule (3) peuvent être mesurées directement. Rappelons que $D = S + s$ et que $s = m\left(b - \frac{h}{2}\right)$. Quant à S, moment statique de la partie solide, on peut en déterminer expérimentalement les deux facteurs ($S = LM$). On place cette partie solide horizontalement sur une arête quelconque et on cherche sa position d'équilibre ; on mesure alors la distance L qui sépare cette arête (marquant le centre de gravité) du milieu du ressort de suspension (ce milieu marquant assez exactement l'axe même de suspension) ; on détermine ensuite par une pesée la masse M de cette partie solide : le produit LM est précisément S.

Une fois $\frac{dl}{dt}$ connu, on peut calculer immédiatement le coefficient thermique $\frac{dm}{dt}$ à l'aide de la formule (14), chap. Ier, dans laquelle les dérivées $\frac{dl}{dt}$ et $\frac{dm}{dt}$ peuvent être substituées aux différences $\Delta l$ et $\Delta m$.

*Calcul de la quantité de mercure.* — La formule (3) détermine la quantité de mercure nécessaire à la compensation. Il ne faudrait guère songer, toutefois, à exprimer cette quantité sous forme explicite, car le résultat serait extrêmement compliqué. Il faut remarquer en effet que l'équation (3) est du troisième degré par rapport à $h$ ou à $m$ (on peut choisir l'une ou l'autre de ces deux quantités comme inconnue, car on ne connaît que leur rapport $\frac{m}{h} = c$). Il faut remarquer de plus que D dépend aussi de $h$, et en est même une fonction assez compliquée ; enfin, la quantité $b$, elle aussi, est une fonction compliquée de la quantité de mercure (dans les pendules ordinaires seulement). Pour éviter toutes ces complications, on procède par approximations successives de la façon suivante :

[1] On voit facilement que c'est seulement le coefficient de dilatation de la tige qu'il importe de connaître exactement ; pour celui de la paroi du vase, une valeur tout approchée suffit, car cette quantité doit être soustraite du coefficient de dilatation du mercure, toujours beaucoup plus grand.

*a) Pendule ordinaire.* — On détermine comme nous l'avons expliqué ci-dessus S pour deux positions différentes de la partie mobile du pendule (vase ou lentille, déplacés par la vis de réglage); on pourra alors obtenir dans la suite, par simple interpolation, la valeur de S pour une position quelconque de la vis de réglage. On mesure aussi $b$ pour une position déterminée de cette vis. On calcule ensuite la quantité de mercure à l'aide de la formule approchée (12) chap. Ier; on introduit cette quantité de mercure dans le pendule, et on règle approximativement celui-ci au temps qu'il doit battre; une approximation de $^1/_{100}$ suffit ici aussi. On possède alors toutes les données nécessaires pour calculer le défaut de compensation $\frac{dl}{dt}$ du pendule ainsi réglé provisoirement: on procède comme nous l'avons indiqué plus haut. Ce défaut de compensation connu, il n'y a plus qu'à calculer la correction de la quantité de mercure par la formule (15) chap. Ier.

On pourrait évidemment continuer de la sorte, mais ces deux approximations suffiront toujours en pratique: on peut tout au plus calculer encore une fois le défaut de compensation à titre de vérification: on obtient une valeur négligeable.

*b) Pendule Riefler.* — Il faut modifier la méthode précédente; car les formules (12) et (15) ne sont plus utilisables dans ce cas. On est obligé ici de partir de deux valeurs de $h$ choisies un peu au hasard, si possible de part et d'autre de la vraie valeur, et en tous cas dans son voisinage; on peut souvent fixer ces valeurs par analogie avec des pendules déjà construits. Ces deux valeurs choisies, on règle approximativement le pendule pour chacune d'elles, et on peut alors calculer le défaut de compensation $\frac{dl}{dt}$ du pendule pour ces deux alternatives; on trouve ensuite, par interpolation ou par extrapolation, une meilleure valeur de $h$. Et on continue ainsi jusqu'à ce que le défaut de compensation du pendule soit suffisamment faible. Le nombre d'approximations nécessaires est un peu plus grand que dans le cas du pendule ordinaire. Notons qu'il n'est pas nécessaire de régler le pendule à chaque approximation, car on peut, par interpolation également, calculer chaque fois la valeur de S à partir des deux valeurs primitives.

Lorsqu'il s'agit, non de compenser un pendule donné, mais de construire un nouveau pendule, on peut, en suivant

l'exemple donné par Riefler [1], se donner la hauteur du mercure et prendre pour inconnues la masse de la lentille et sa distance à la suspension. Ce choix des inconnues facilite beaucoup la résolution du problème ; et l'emploi de la formule (3) permet encore de simplifier notablement les calculs : il suffit de poser que ces deux inconnues doivent satisfaire à l'équation (3) et à la relation fondamentale $l = \frac{N}{D}$.

*Calcul du coefficient de dilatation de la tige.* — On peut aussi se servir de la formule (3) pour déterminer $\alpha$ à partir du coefficient thermique observé, $\frac{dm}{dt}$. On calcule d'abord $\frac{dl}{dt}$ par la formule (14), (ces deux dérivées y remplaçant les différences $\Delta l$ et $\Delta m$). Ensuite, on tire la valeur de $\alpha$ de l'équation (3), après y avoir remplacé $\varepsilon$ par sa valeur $\gamma - 3\alpha$.

J'ai fait ce calcul pour deux pendules D. Perret. Ce ne sont pas les marches elles-mêmes, mais leurs différences qui ont servi de base au calcul du coefficient thermique ; c'est de cette façon que l'effet des variations de la marche avec le temps est le mieux éliminé. La température n'a été lue qu'une fois chaque jour, au moment de la comparaison des horloges, de sorte qu'elle représente sans doute assez peu exactement la température moyenne de la journée. Les coefficients thermiques obtenus sont d'ailleurs incertains pour une autre cause : les observations portent sur des intervalles de temps trop courts, et les variations totales de température n'ont pas été très grandes.

L'horloge D. Perret 9 a été observée pendant un peu plus de trois mois, l'horloge D. Perret 10 a été observée tout d'abord avec 5 $^1/_2$ kg. de mercure, pendant quatre mois, puis avec 6 $^1/_2$ kg., pendant trois mois ; chacune de ces deux périodes a fourni une valeur particulière de $\alpha$. Voici les résultats obtenus [2] :

[1] Voir E. Anding, *loc. cit.*

[2] On a obtenu par mesures directes les quantités suivantes, nécessaires, à côté des valeurs $\frac{dm}{dt}$ ci-dessus, pour le calcul de $\alpha$ :

| | P9 et P10 A | P10 B |
|---|---|---|
| P | 5500 gr. | 6500 gr. |
| $p$ | 2160 gr. | 2160 gr. |
| $h$ | 18cm,6 | 22cm,0 |
| $b$ | 111cm,0 | 112cm,0 |
| L | 85cm,8 | 86cm,5 |
| $D = pL + P\left(b - \frac{h}{2}\right)$ | 745 000 | 843 000 |

| | $\frac{dm}{dt}$ | e. m. | $\alpha$ | e. m. |
|---|---|---|---|---|
| D. Perret 9 . . . . | $+0^s,039$ | $\pm 12$ | 0,0000109 | $\pm 2$ |
| D. Perret 10 A . . . | $+0^s,093$ | $\pm 7$ | 0,0000120 | $\pm 1$ |
| D. Perret 10 B . . . | $-0^s,015$ | $\pm 5$ | 0,0000116 | $\pm 1$ |

L'accord des deux valeurs de $\alpha$ pour A et B n'est pas très bon; cependant ce grand écart n'est pas trop anormal, étant donnée l'incertitude des coefficients thermiques dont on est parti; on peut donc admettre pour D. Perret 10 la valeur moyenne $\alpha = 0,000011_8$.

*Correction de la compensation.* — Lorsqu'il s'agit d'appliquer la méthode exacte à la correction d'une compensation, le coefficient thermique étant donné par les observations, on calcule le coefficient de dilatation $\alpha$ comme nous venons de l'exposer. Le calcul de la compensation se fait ensuite comme si ce coefficient de dilatation avait été donné. Dans le cas d'un pendule ordinaire toutefois, ces deux calculs pourront être le plus souvent remplacés par l'application de la formule de correction (15), chap. Ier, et on n'emploiera (3) qu'à titre de vérification.

*Remarques.* — Nous avons réussi à résoudre toutes ces questions sans avoir recours à l'évaluation du moment d'inertie de la partie solide du pendule; mais il est bon d'ajouter que la méthode que nous avons suivie revient à déterminer ce moment d'inertie expérimentalement, par le réglage du pendule au temps désiré. Cette détermination repose donc sur la formule $l = \frac{N}{D}$, et il nous reste à établir que celle-ci est bien valable dans les limites d'exactitude que nous nous sommes données.

Trois causes principales pourraient rendre cette formule inexacte: l'amplitude, l'air ambiant, l'effet du ressort de suspension et de l'échappement.

La formule $l = \frac{N}{D}$ est valable pour des oscillations infiniment petites seulement. Mais même si les oscillations atteignaient une amplitude de 3°, la différence de marche diurne ne serait que de 15 s., ce qui, comparé aux 86 400 s. de la journée, est bien en dessous de la limite de $^1/_{100}$. Ces chiffres concernent un pendule oscillant librement; on sait que pour un pendule suspendu par un ressort et actionné par un échappement, l'effet de l'amplitude sur la durée d'oscillation n'est plus le même; il est cependant du même ordre de grandeur.

L'effet total de l'air ambiant peut être évalué approximativement de la façon suivante : le coefficient barométrique d'un pendule ne dépasse guère $0^s,015$; c'est l'effet produit sur la marche diurne par une variation de pression de 1 mm. L'effet total de l'atmosphère ne dépassera sans doute guère $760 \times 0,015 = 12$ s. environ, quantité encore moindre que la première.

Evaluer de même l'effet du ressort de suspension et de l'échappement n'est pas facile, mais on peut présumer qu'il est du même ordre de grandeur que les précédents.

On peut d'ailleurs vérifier directement que la somme des trois effets signalés ci-dessus est bien négligeable. Il suffit de déterminer $l$, pour un même pendule, par les deux méthodes, celle de l'expérience et celle du calcul par la formule $l = \frac{N}{D}$. C'est ce que j'ai fait pour un pendule à mercure ordinaire (D. Perret 10, dans les deux variantes A et B); les résultats s'accordent à moins de $^1/_{100}$, ce qui confirme pleinement nos conclusions ; il est d'ailleurs fort probable que la légère différence constatée provient bien plus d'inexactitudes dans les mesures et surtout de simplifications de forme (destinées à faciliter l'évaluation du moment d'inertie) que des trois causes mentionnées plus haut.

Les méthodes exposées dans ce paragraphe sont donc bien exactes.

### 3. Cas général.

La formule de M. Wanach concerne seulement les pendules à vase cylindrique. Il est vrai que tous les pendules de précision actuellement en usage rentrent dans cette catégorie; mais on pourrait fort bien être amené à construire (nous verrons plus loin pour quels motifs) des pendules à récipients de forme différente. Il importe donc d'établir une formule analogue à (3), mais plus générale.

Reprenons l'équation (2) :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{1}{D}\left(2J\alpha - lS\alpha + \frac{di}{dt} - l\frac{ds}{dt}\right) = 0$$

Pour obtenir les valeurs de $\frac{di}{dt}$ et $\frac{ds}{dt}$ dans le cas d'un vase de forme quelconque, remarquons qu'on peut distinguer deux

parties dans ces variations. Supposons qu'on ait marqué sur la paroi du vase le niveau auquel atteignait le mercure à la température initiale. Si la température s'élève de 1°, le mercure atteindra un autre niveau, supérieur au premier. Appelons $\iota$ le moment d'inertie, $\sigma$ le moment statique du mercure situé entre ces deux niveaux. On peut alors considérer que $\frac{di}{dt}$ se compose tout d'abord de la variation du moment d'inertie du mercure qui va jusqu'au niveau primitif (variation facile à évaluer, comme nous allons le voir) plus un accroissement du moment d'inertie égal à $\iota$. De même $\frac{ds}{dt}$ se composera de la variation du moment statique du mercure limité par le niveau primitif, plus un accroissement de moment statique $\sigma$.

$i$ et $s$ sont de la forme :

$$i = \Sigma \mu x^2 \quad \text{et} \quad s = \Sigma \mu x$$

Si l'on considère seulement la partie du mercure limitée par le niveau initial, on voit facilement que les variations des $x$ sont données par celles du récipient, c'est-à-dire qu'on a :

$$\frac{dx}{dt} = x\alpha$$

Mais la masse de chaque particule, $\mu = v\delta$, varie aussi avec la température, car on a d'une part :

$$\frac{dv}{dt} = v3\alpha$$

et d'autre part :

$$\frac{d\delta}{dt} = -\delta\gamma$$

d'où l'on déduit immédiatement :

$$\begin{aligned}\frac{d\mu}{dt} &= v\frac{d\delta}{dt} + \delta\frac{dv}{dt} \\ &= -v\delta\gamma + v\delta 3\alpha \\ &= -v\delta(\gamma - 3\alpha) \\ &= -\mu\varepsilon\end{aligned}$$

En ajoutant les deux effets que nous venons de distinguer, on obtient :

$$\begin{aligned}\frac{di}{dt} &= \Sigma\left(\mu 2x\frac{dx}{dt} + x^2\frac{d\mu}{dt}\right) + \iota \\ &= \Sigma(\mu 2xx\alpha - x^2\mu\varepsilon) + \iota \\ &= \Sigma\mu x^2(2\alpha - \varepsilon) + \iota \\ &= i(2\alpha - \varepsilon) + \iota\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dt} &= \Sigma\left(\mu\frac{dx}{dt} + x\frac{d\mu}{dt}\right) + \sigma \\ &= \Sigma(\mu x\alpha - x\mu\varepsilon) + \sigma \\ &= s(\alpha - \varepsilon) + \sigma\end{aligned}$$

Reste à préciser encore la valeur de $\iota$ et de $\sigma$, moment d'inertie et moment statique de la couche du mercure situé au-dessus du niveau primitif. Or la masse de ce mercure doit être égale à $m\varepsilon$, produit de la masse totale du mercure $m$ par $\varepsilon$ qui est précisément le coefficient de dilatation cubique apparent du mercure.

Appelons $\iota_1$ le moment d'inertie de la surface du mercure (en supposant cette surface de masse 1), par rapport à un axe passant par son centre et parallèle à l'axe de suspension, et soit $d$ la distance de cette surface à l'axe de suspension ; on a, en vertu d'un théorème de mécanique connu :

$$\begin{aligned}\iota &= m\varepsilon\iota_1 + m\varepsilon d^2 \\ &= m(d^2 + \iota_1)\varepsilon\end{aligned}$$

D'autre part on a aussi :

$$\sigma = md\varepsilon$$

En introduisant ces deux valeurs dans les résultats précédents on obtient :

$$\begin{aligned}\frac{di}{dt} &= i(2\alpha - \varepsilon) + m(d^2 + \iota_1)\varepsilon \\ &= 2i\alpha + [m(d^2 + \iota_1) - i]\varepsilon\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dt} &= s(\alpha - \varepsilon) + md\varepsilon \\ &= s\alpha + (md - s)\varepsilon\end{aligned}$$

En remplaçant dans la formule (2), on obtient ainsi :

$$\frac{dl}{dt}=\frac{1}{D}\left\{2J\alpha-lS\alpha+2i\alpha+[m(d^2+\iota_1)-i]\varepsilon-ls\alpha-l(md-s)\varepsilon\right\}$$

$$=l\alpha-\frac{1}{D}[i-m(d^2+\iota_1)+l(md-s)]\varepsilon$$

$$\frac{dl}{dt}=l\alpha-\frac{1}{D}[i-ls+m(ld-d^2-\iota_1)]\varepsilon=0 \qquad (4)$$

Condition de compensation

La quantité $\iota_1$ est en général très petite par rapport aux autres termes de la parenthèse; en pratique, on peut très souvent la négliger. Lorsque la section du vase, dans le voisinage de la surface, est circulaire et de rayon $r$, on a $\iota_1=\frac{1}{4}r^2$.

Cette formule (4) peut rendre exactement les mêmes services que l'équation (3), et toutes les remarques du § 2 restent valables; tant que le vase conserve une formule géométrique simple le calcul de $i$ et $s$ ne présente aucune difficulté.

### 4. Quelques cas spéciaux.

Lorsqu'il s'agit simplement d'un calcul approché (pour l'étude préalable d'une nouvelle forme de pendule par exemple) on peut supposer tout le mercure concentré sur l'axe du pendule; on est ainsi amené à considérer comme forme du mercure un ensemble de droites et de points matériels de diverses densités. Il faut alors appliquer à chacune des lignes les trois formules suivantes, dans lesquelles $a$ et $b$ sont les distances respectives du sommet et de la base de la ligne jusqu'à la suspension :

$$i=\int_a^b cx^2\,dx=\frac{c}{3}(b^3-a^3)$$

$$s=c(b-a)\frac{b+a}{2}=\frac{c}{2}(b^2-a^2)$$

$$m=c(b-a)$$

*Premier cas* (fig. 3). — Supposons d'abord que tout le mercure se trouve concentré en un point, à la distance $\lambda$ de la suspension, mais que le mercure déplacé par la dilatation

soit transporté de ce point à un autre point, représentant la surface libre, et situé à la distance $d$ de la suspension. (Ce cas extrême n'est naturellement pas réalisable, mais on pourrait s'en approcher de très près.)

On a alors simplement :

$$i = m\lambda^2 \qquad s = m\lambda \qquad \iota_1 = 0$$

et la formule (4) devient :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{m}{D}[\lambda(\lambda - l) + d(l - d)]\varepsilon = 0 \tag{5}$$

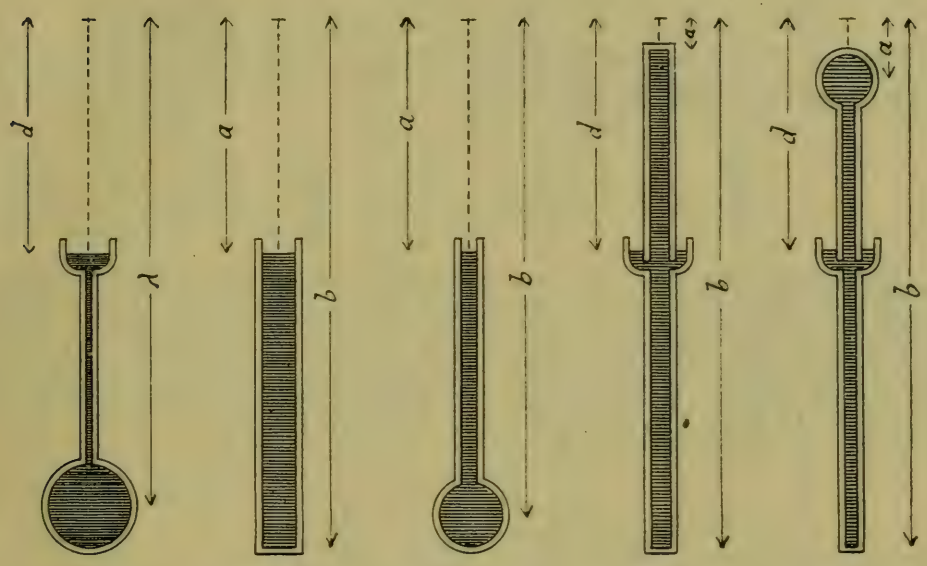



*Fig. 3.* **Premier cas.** *Fig. 4.* **Deuxième cas.** *Fig. 5.* **Troisième cas.** *Fig. 6.* **Quatrième cas.** *Fig. 7.* **Cinquième cas.**
Schémas de la forme et de la position données au mercure dans cinq cas spéciaux.

*Deuxième cas* (fig. 4). — Le mercure est concentré en une ligne au sommet de laquelle se trouve la surface libre. (C'est la forme simplifiée de tous les pendules à mercure actuels.) Ici, les valeurs de $i$, $s$, $m$ sont simplement celles données au début du paragraphe. On a de plus :

$$d = a \qquad \iota_1 = 0$$

et la formule (4) devient :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{c}{D}\left[\frac{1}{3}(b^3 - a^3) - \frac{l}{2}(b^2 - a^2) + a(l - a)(b - a)\right]\varepsilon = 0 \tag{6}$$

En développant les parenthèses, on peut simplifier un peu cette expression :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{c}{D}(b-a)\left[\frac{b^2}{3} + \frac{ab}{3} + \frac{a^2}{3} - \frac{l}{2}(b+a) + a(l-a)\right]\varepsilon$$

$$= l\alpha - \frac{m}{D}\left[\frac{b^2}{3} - \frac{2a^2}{3} + \frac{ab}{3} + \frac{la}{2} - \frac{lb}{2}\right]\varepsilon$$

$$= l\alpha - \frac{m}{D}\left[(b-a)\left(\frac{b}{3} + \frac{2a}{3}\right) - (b-a)\frac{l}{2}\right]\varepsilon$$

$$= l\alpha - \frac{m(b-a)}{D}\left(\frac{b}{3} + \frac{2a}{3} - \frac{l}{2}\right)\varepsilon$$

Si l'on y fait encore la substitution $b - a = h$, on réobtient bien la formule de M. Wanach :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{mh}{D}\left(b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2}\right)\varepsilon = 0 \qquad (6^{\text{bis}})$$

*Troisième cas* (fig. 5). — Supposons le vase de mercure constitué par une ligne communiquant à son extrémité inférieure avec du mercure concentré en un point. Soit $c$ la densité de la ligne, $q$ la masse du point, $m$ la masse totale du mercure. Il faut introduire dans la formule (4) les valeurs :

$$i = \frac{c}{3}(b^3 - a^3) + qb^2$$

$$s = \frac{c}{2}(b^2 - a^2) + qb$$

$$m = c(b-a) + q$$

$$i_1 = 0 \qquad d = a$$

On obtient :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{1}{D}\left\{c\left[\frac{1}{3}(b^3 - a^3) - \frac{l}{2}(b^2 - a^2) + a(l-a)(b-a)\right]\right.$$

$$\left. + q[b(b-l) + a(l-a)]\right\}\varepsilon = 0 \qquad (7)$$

On peut, ici aussi, simplifier en développant les parenthèses et en se souvenant que :

$$b - a = h \qquad ch + q = m$$

$$\frac{dl}{dt}=l\alpha-\frac{1}{D}\left\{c\left[\frac{1}{3}(b^3-b^3+3b^2h-3bh^2+h^3)-\frac{l}{2}(b^2-b^2+2bh-h^2)\right.\right.$$

$$\left.\left.+(b-h)(l-b+h)h\right]+q[b(b-l)+(b-h)(l-b+h)]\right\}\varepsilon$$

$$=l\alpha-\frac{1}{D}\left\{ch\left[b^2-hb+\frac{h^2}{3}-l\left(b-\frac{h}{2}\right)+(b-h)(l-b+h)\right]\right.$$

$$\left.+q[b(b-l)+(b-h)(l-b+h)]\right\}\varepsilon$$

$$=l\alpha-\frac{1}{D}\left[ch\left(b^2-hb+\frac{h^2}{3}-bl+\frac{hl}{2}+bl-b^2+hb-hl+hb-h^2\right)\right.$$

$$\left.+q(b^2-bl+bl-b^2+hb-hl+hb-h^2)\right]\varepsilon$$

$$=l\alpha-\frac{1}{D}\left[ch\left(-\frac{2h^2}{3}-\frac{lh}{2}+bh\right)+q(2bh-hl-h^2)\right]\varepsilon$$

$$=l\alpha-\frac{1}{D}\left[ch^2\left(b-\frac{2h}{3}-\frac{l}{2}\right)+qh(2b-h-l)\right]\varepsilon$$

$$=l\alpha-\frac{1}{D}\left[ch^2\left(b-\frac{2h}{3}-\frac{l}{2}\right)+qh\left(2b-\frac{4h}{3}-l\right)+q\frac{h^2}{3}\right]\varepsilon$$

$$=l\alpha-\frac{h}{D}\left[q\frac{h}{3}+(ch+2q)\left(b-\frac{2h}{3}-\frac{l}{2}\right)\right]\varepsilon$$

d'où finalement :

$$\frac{dl}{dt}=l\alpha-\frac{h}{D}\left[q\frac{h}{3}+(m+q)\left(b-\frac{2h}{3}-\frac{l}{2}\right)\right]\varepsilon=0 \quad (7^{\text{bis}})$$

*Quatrième cas* (fig. 6). — Le mercure est concentré sur une ligne, mais la surface libre du mercure, au lieu d'être au sommet de la colonne, est en un autre point, par exemple plus bas, à la distance $d$ de la suspension. (Une telle disposition peut fort bien être réalisée, le mercure étant maintenu au-dessus de son niveau par la pression atmosphérique.)

On a pour $i$, $s$ et $m$ les mêmes valeurs que dans le deuxième cas, et la formule (4) devient :

$$\frac{dl}{dt}=l\alpha-\frac{c}{D}\left[\frac{1}{3}(b^3-a^3)-\frac{l}{2}(b^2-a^2)+d(l-d)(b-a)\right]\varepsilon=0 \quad (8)$$

On peut la simplifier un peu et l'écrire :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{m}{D}\left[\frac{a^2}{3} + \left(\frac{b}{3} - \frac{l}{2}\right)(a+b) + d(l-d)\right]\varepsilon = 0 \quad (8^{\text{bis}})$$

*Cinquième cas* (fig. 7). — Même cas que le précédent, seulement la ligne de mercure communique à sa partie supérieure avec du mercure concentré en un point et de masse $q$. On a donc ici :

$$i = \frac{c}{3}(b^3 - a^3) + q a^2$$

$$s = \frac{c}{2}(b^2 - a^2) + q a$$

$$m = c(b - a) + q$$

ce qui donne :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{1}{D}\left\{c\left[\frac{1}{3}(b^3 - a^3) - \frac{l}{2}(b^2 - a^2) + l(l-d)(b-a)\right]\right.$$
$$\left. + q\left[d(l-d) - a(l-a)\right]\right\}\varepsilon = 0 \quad (9)$$

On ne peut pas simplifier notablement cette formule.

### 5. Pendules à minimum de mercure.

Ces formules permettent de discuter une question très intéressante : celle de la forme à donner au pendule pour que la quantité de mercure nécessaire à la compensation soit minimum. Cette question n'est pas seulement intéressante au point de vue théorique, mais elle a une certaine importance industrielle, car le prix du mercure intervient pour une bonne part dans le coût d'un pendule compensé.

*Premier cas* (fig. 3, p. 245). — Considérons d'abord le premier cas du paragraphe précédent, qui est le plus simple. Nous avons obtenu comme condition de compensation l'équation (5) :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{m}{D}(\lambda^2 - l\lambda + ld - d^2)\varepsilon = 0$$

Supposons maintenant qu'on ait à construire un pendule de ce type battant un temps donné, ce qui revient à dire que $l$ est constant; supposons en outre que ce pendule doive avoir une puissance réglante donnée déterminée par son moment d'inertie N, c'est-à-dire que N, et par conséquent D, doivent aussi être constants. Le produit:

$$m(\lambda^2 - l\lambda + ld - d^2)$$

sera également constant pour tous les pendules compensés satisfaisant à ces conditions. Pour que la masse $m$ du mercure soit minimum, il faut donc que la parenthèse soit maximum; or cette parenthèse est fonction du deuxième degré des deux quantités $d$ et $\lambda$, et peut s'écrire:

$$\left(\lambda - \frac{l}{2}\right)^2 - \left(d - \frac{l}{2}\right)^2$$

Il en résulte que cette quantité diminue, et par conséquent que $m$ augmente, au fur et à mesure que $d$ s'écarte de $\frac{l}{2}$, tandis que la quantité considérée augmente, et que $m$ diminue lorsque $\lambda$ s'écarte de $\frac{l}{2}$.

Donc, pour que la quantité de mercure soit minimum, il faut que la surface libre du mercure soit à la distance $d = \frac{l}{2}$ de la suspension; plus la distance de la surface à la suspension diffèrera de cette valeur, plus la quantité de mercure sera grande. Pour que la quantité de mercure nécessaire à la compensation soit minimum, il faut encore qu'elle se trouve concentrée à une distance aussi grande que possible du milieu du pendule; plus le mercure sera rapproché de ce milieu, moins son effet compensateur sera grand.

En résumé, pour que la quantité de mercure soit minimum il faut que la surface libre soit le plus près possible du milieu du pendule, mais le mercure lui-même le plus loin possible.

Cette règle est d'une application générale; il en est de même de cette autre conséquence, assez inattendue, qu'on peut tirer de ce qui précède: Le pouvoir compensateur est le même pour deux vases de mercure exactement symétriques par rapport au point de distance $\frac{l}{2}$ milieu du pendule; bien

entendu, cette symétrie doit concerner, non seulement la forme des récipients, mais aussi la position de la surface libre du mercure.

*Deuxième cas* (fig. 4, p. 245). — C'est celui de tous les pendules à mercure actuels. La condition de compensation est ici : (6 bis).

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{mh}{D}\left(b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2}\right)\varepsilon = 0$$

En procédant comme dans le cas prédédent on voit que, pour que $m$ soit minimum, il faut que la quantité :

$$h\left(b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2}\right)$$

soit maximum. $b$ et $h$ sont les deux variables. On voit immédiatement que cette quantité croît en même temps que $b$ : une des conditions du minimum de $m$ est donc que la base soit aussi éloignée que possible du point de suspension. En pratique toutefois on ne recourra guère à ce moyen pour réduire la quantité de mercure, car on obtiendrait ainsi un pendule plus long, donc plus encombrant, et nécessairement moins compact, partant moins invariable que les pendules ordinaires. De plus, comme nous le verrons au chapitre suivant, l'augmentation de $b$ aurait pour conséquence l'augmentation du coefficient de stratification. Une telle modification présenterait donc plus d'inconvénients que d'avantages.

Pour déterminer la meilleure valeur de $h$, dérivons par rapport à cette variable et égalons à zéro. On obtient :

$$b - \frac{2}{3}h - \frac{l}{2} - \frac{2}{3}h = 0$$

d'où

$$h = \frac{3}{4}\left(b - \frac{l}{2}\right) \qquad (10)$$

La deuxième dérivée a pour valeur $-\frac{4}{3}$ ; il s'agit donc bien d'un minimum de $m$.

Ainsi, lorsque la base est donnée, il faut, pour que la quantité de mercure soit minimum, que la colonne s'élève non pas jusqu'au point milieu du pendule $\left(\text{point } \frac{l}{2}\right)$, mais seulement jusqu'aux $^3/_4$ de cette hauteur.

Ce résultat paraît contredire celui du cas précédent; il n'en est rien toutefois; il y a simplement compromis entre les deux conditions, ici contradictoires, que le niveau du mercure doit être au milieu du pendule, tandis que le mercure lui-même en doit être aussi éloigné que possible.

La formule (10) permet de constater facilement que le pendule Riefler ne répond pas à cette condition du minimum. D'après M. Riefler lui-même [1], le mercure y atteint une hauteur égale à environ les $^2/_3$ de celle du tube; comme $b = 126$ cm., cela revient à dire que $h = 84$ cm. environ. Pour le minimum, il faudrait qu'on ait $h = \frac{3}{4}(126 - 50) = \frac{3}{4} \cdot 76 = 57$ cm.

Il est intéressant de voir encore dans quelle proportion la masse du mercure peut être réduite. Nous avons vu que la quantité de mercure est inversement proportionnelle à $h\left(b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2}\right)$. Dans un pendule ordinaire on a approximativement $b = 110$, $h = 18$, ce qui donne pour ce produit 864. Pour le pendule Riefler, à l'aide des données ci-dessus, on obtient déjà une valeur beaucoup plus forte, 1680. Si, sans changer la base du mercure dans un tel pendule Riefler, on satisfaisait à la condition du minimum, ce produit deviendrait 2166. Cela revient à dire que pour avoir un pendule compensé de même puissance réglante qu'un pendule ordinaire contenant 5000 gr. de mercure, il suffira d'employer, avec le système de M. Riefler, près de 2600 gr., tandis que, pour un pendule à minimum, il ne faudrait plus que 2000 gr. de mercure.

Nous allons voir qu'on peut encore réduire beaucoup plus cette quantité de mercure si on renonce à la forme cylindrique du vase.

*Troisième cas* (fig. 5, p. 245). — On a comme condition de compensation (7bis):

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{h}{D}\left[q\frac{h}{3} + (m+q)\left(b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2}\right)\right]\varepsilon$$

La quantité qui reste constante est:

$$h\left[q\frac{h}{3} + (m+q)\left(b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2}\right)\right]$$

[1] Riefler. *Loc. cit.*

Pour qu'on puisse y mettre $m$ en facteur, posons $\frac{q}{m}=\eta$, rapport de la masse de mercure concentré au point inférieur à la masse totale du mercure.

L'expression considérée devient :

$$m\,h\left[\eta\frac{h}{3}+(1+\eta)\left(b-\frac{2h}{3}-\frac{l}{2}\right)\right]$$

La quantité qui doit être maximum est donc :

$$h\left[\eta\frac{h}{3}+(1+\eta)\left(b-\frac{2h}{3}-\frac{l}{2}\right)\right]$$

ou bien :

$$h\left[(1+\eta)\left(b-\frac{h}{3}-\frac{l}{2}\right)-\frac{h}{3}\right]$$

Les variables sont ici $\eta$, $b$ et $h$. On voit immédiatement que la quantité considérée sera d'autant plus grande que $\eta$ est plus grand ; pour que la quantité de mercure soit minimum, il faut donc que la quantité de mercure concentrée au point inférieur soit la plus grande partie possible de la masse totale du mercure.

On voit de même que cette quantité croît en même temps que $b$. Il faut donc, ici aussi, que la base soit le plus bas possible.

La quantité considérée ne dépend pas de façon aussi simple de $h$ ; il nous faut donc égaler la dérivée à zéro pour obtenir la condition du minimum. La quantité considérée peut s'écrire :

$$h\left[(1+\eta)\left(b-\frac{l}{2}\right)-(2+\eta)\frac{h}{3}\right]$$

d'où, en dérivant :

$$(1+\eta)\left(b-\frac{l}{2}\right)-(2+\eta)\frac{2h}{3}=0$$

d'où :

$$h=\frac{3}{2}\cdot\frac{1+\eta}{2+\eta}\left(b-\frac{l}{2}\right) \qquad (11)$$

La quantité $\frac{q}{m}=\eta$ est, par définition, comprise entre 0 et 1.

Lorsque $\eta = 0$, on a affaire au deuxième cas, et la formule donne bien :

$$h = \frac{3}{4}\left(b - \frac{l}{2}\right)$$

tandis que lorsque $\eta = 1$, on a affaire au premier cas, et on retrouve en effet :

$$h = b - \frac{l}{2}$$

On voit donc que dans notre troisième cas $h$ sera toujours comprise entre ces deux valeurs.

Pour évaluer la proportion dans laquelle la quantité de mercure peut être diminuée par une telle disposition, considérons donc le premier cas, qui est simplement un cas limite. Le produit inversement proportionnel à la masse du mercure a ici pour valeur, en prenant la même distance de base que dans le pendule Riefler, $76\left(2 \times 76 - 3 \cdot \frac{76}{3}\right) = 76^2 = 5776$. Un pendule de ce type, ayant même puissance réglante que les pendules précédemment calculés, ne devrait donc contenir que 750 gr.

Les pendules à minimum de mercure que nous avons calculés sont supposés avoir même distance de base que le pendule Riefler; on peut aussi en calculer de même type, mais ayant même distance de base que le pendule ordinaire, pour que la comparaison avec celui-ci soit plus équitable.

On a alors les valeurs suivantes pour les quantités de mercure nécessaires à la compensation, dans des pendules de même puissance réglante :

| | | $b = 110^{cm}$ | $b = 126^{cm}$ |
|---|---|---|---|
| Pendules à vase cylindrique : | I ordinaire . | 5000 gr. | — |
| ($\eta = 0$) | II de Riefller | — | 2600 gr. |
| | III à minimum | 3200 | 2000 |
| Pendule à minimum : (limite irréalisable) . | | 1200 | 750 |
| ($\eta = 1$) | | | |

Les chiffres correspondant à notre troisième cas seraient donc intermédiaires entre ceux des deux dernières lignes. On voit qu'on pourrait construire des pendules qui, pas plns longs que le pendule de Riefler, ne contiendraient plus que $^1/_4$ ou même $^1/_5$ du mercure nécessaire à la compensation ordinaire.

Nous pouvons considérer cette question comme complètement résolue. Il est inutile d'examiner à part les autres cas, pour les raisons de symétrie signalées plus haut.

# CHAPITRE III

## Influence de la stratification de la température sur la marche du pendule.

### 1. Résumé des travaux antérieurs.

Dans un pendule à mercure usuel, le mercure et la tige sont à des hauteurs moyennes différentes; si donc il y a une différence de température entre le haut et le bas du pendule, et si cette différence n'est pas constante, la compensation ne fonctionnera plus régulièrement et la marche de la pendule en sera affectée. Il semble que, dès l'origine, on a vu dans ce fait le principal inconvénient du pendule à mercure; c'est sans doute ce qui lui a fait quelquefois préférer le pendule à gril, pourtant plus compliqué et plus difficile à régler.

Toutefois c'est seulement en ces dernières années qu'on s'est efforcé d'étudier cette influence de façon un peu précise et d'en déterminer la grandeur, soit à partir des marches observées, soit théoriquement. Ces recherches sont encore très peu nombreuses; elles sont d'ailleurs insuffisamment connues; je vais donc en résumer ici les résultats.

Je note tout d'abord qu'il est facile d'évaluer approximativement l'importance de cet effet de la stratification de température sur la marche d'un pendule à mercure ordinaire. La différence des hauteurs moyennes de la tige et du mercure est d'environ $^1/_2$ m. Si donc il se produit une augmentation du gradient (différence de température par mètre de hauteur) de $1^\circ$, le mercure se trouvera à une température trop basse de $0^\circ,5$. L'effet sur la marche sera le même que si, pour une augmentation de température de $0^\circ,5$, la compensation n'avait pas du tout fonctionné, c'est-à-dire si le pendule n'avait pas été compensé. Nous avons vu[1] que le coefficient thermique d'un pendule en acier, non compensé, est de $0^s,50$ environ. Le coefficient de stratification d'un pendule à mercure usuel, à tige d'acier, est donc à peu près la moitié de cette quantité, soit $0^s,25$.

Pour tirer parti de cette donnée, il faut encore savoir dans quelles limites varie le gradient. Dans la tour de l'équa-

[1] Voir p. 233.

torial de Berlin[1], le gradient pour $0^m,72$ de hauteur a varié entre $+0^o,25$ et $-0^o,15$, donc en tout de $0^o,4$, ce qui fait $0^o,56$ de gradient (pour 1 m.). L'effet de cette variation du gradient sur la marche doit donc être d'environ $0^s,25 \times 0,56 = 0^s,14$: assez peu de chose, en somme. Ajoutons que la variation annuelle de la température elle-même était dans ce cas de 14 à $15^o$.

A l'observatoire de Neuchâtel, dans la tour de l'équatorial également, on a observé que le gradient, pour 60 cm. de hauteur environ, varie de $0^o,6$. Donc le gradient par mètre y varie d'environ $1^o$. L'effet de cette variation sur la marche doit être d'à peu près $0^s,25$, donc déjà plus sensible que dans le cas précédent. Ici, la variation totale de température est d'environ $20^o$.

Dès qu'un local est chauffé, la variation du gradient y est beaucoup plus grande. Ainsi, dans la salle des pendules de l'Institut géodésique de Potsdam[2], salle située en sous-sol et maintenue à une température constante (la température n'y varie pas au cours de l'année de plus de $3^o$) le gradient varie parfois de $0^o,5$ d'un jour à l'autre et de $2^o,3$ pendant l'année. Ces variations de gradient correspondent respectivement à des variations de marche de $0^s,12$ et $0^s,57$.

La variation du gradient est encore plus grande lorsque le chauffage est irrégulier, ainsi que l'aération du local; elle peut alors atteindre et même dépasser $3^o$, et l'effet d'une pareille variation sur la marche est de presque 1 s. Il faut d'ailleurs ajouter que le gradient se maintient rarement pendant un jour entier à l'une de ces valeurs extrêmes, de sorte qu'en général les marches diurnes ne sont pas influencées d'autant que cela. Il y a là néanmoins une cause importante d'irrégularités dans la marche d'un pendule à mercure.

La première tentative de détermination d'un coefficient de stratification d'après les observations est sans doute due à M. Max Zwink[3]. Dans son étude des marches de la pendule Tiede 400 de l'observatoire de Berlin, il obtient pour l'effet d'un accroissement du gradient de $1^o$ sur 72 cm. de hauteur la valeur $+1^s,592 \pm 0,115$. Cela donne pour un gradient de $1^o$ (par mètre) la valeur extraordinairement élevée de $+1^s,146 \pm 0,083$ d'effet sur la marche. La faiblesse de l'erreur moyenne par rapport au coefficient lui-même semble mettre

[1] Max Zwink. *Die Pendeluhren im lufdicht verschlossenen Raume*, Halle, 1888.

[2] B. Wanach. *Loc. cit.*

[3] *Loc. cit.*

la réalité de celui-ci absolument hors de doute. Malheureusement il s'agit ici, non d'un pendule à mercure, mais d'*un pendule à gril*. Pour un tel pendule, il paraît dès l'abord qu'un effet de la stratification de la température n'est pas admissible, puisque les deux métaux compensateur et compensé se trouvent à la même hauteur. C'est d'ailleurs ce que confirment les calculs rigoureux de M. B. Wanach. Il en résulte que le gros coefficient obtenu par M. Zwink n'est certainement pas réel. Ce résultat factice provient sans doute du fait suivant: Le gradient suit une période annuelle qui, pour l'horloge de Tiede, coïncide à peu près exactement avec la période annuelle de la température elle-même; on le voit facilement en consultant les résultats d'observation publiés par M. Zwink: les maxima et minima de ces deux quantités tombent aux mêmes époques. Il n'est dès lors guère possible de séparer ces deux effets. Les deux coefficients obtenus, l'un pour la température, l'autre pour le gradient, sont justes comme effet total, mais leur rapport ne peut pas être déterminé. C'est un exemple frappant de l'inconvénient qu'il y a à introduire dans les formules de marches des coefficients qui ne sont pas justifiés par d'autres considérations que le désir d'amoindrir les écarts résiduels : on aboutit à des résultats absolument factices, et il faut dans ce cas ne pas trop se fier aux faibles erreurs moyennes.

Un peu plus tard, le constructeur Riefler[1] faisait connaître la disposition qu'il avait adoptée pour ses pendules à mercure. Le mercure y est contenu dans la tige du pendule et est ainsi réparti sur une plus grande hauteur : le tube est rempli de mercure jusqu'aux deux tiers. Un des principaux avantages de cette nouvelle disposition devait être précisément, d'après le constructeur lui-même, d'éviter presque complètement les inconvénients résulant de l'inégalité de la température à diverses hauteurs. Il semble en effet évident à première vue que cet effet doit être considérablement atténué, puisque la différence des hauteurs moyennes du mercure et de la tige est beaucoup moindre que dans les pendules à mercure usuels. Un bon nombre d'horloges de précision furent munies de pendules à mercure de ce nouveau modèle.

C'est précisément par l'étude des marches de l'une d'entre elles (Riefler 20) que M. B. Wanach fut amené à s'occuper de cette question et à lui consacrer un très important mémoire[2].

[1] S. Riefler. « Queksilber Kompensationspendel neuer Konstruktion. » *Zeitschr. f. Instr.*, Bd. 13, 1893, p. 88.

[2] B. Wanach. « Ueber den Einfluss der Temperaturschichtung auf verschiedene Uhrenpendel. » A. N., Bd. 166, Nr. 3967-3968, 1904. Nous avons déjà cité maintes fois cet article au cours du présent travail.

Cette pendule, alors même qu'elle était installée dans la cave des pendules de l'Institut géodésique de Potsdam (local à température à peu près constante), présentait dans sa marche une période annuelle bien marquée. Or, comme nous l'avons dit déjà, si la température est sensiblement constante dans ce local, le gradient par contre y varie beaucoup avec la saison. M. Wanach parvint à établir que c'est bien à cette cause qu'il faut attribuer les variations de marche de cette pendule Riefler, et il déduisit des observations un coefficient de stratification égal à $+0^s,213 \pm 0,014$. Pour un pendule à mercure ordinaire (Dencker 27) se trouvant dans le même local, les observations donnent un coefficient de stratification de $+0^s,14 \pm 0,04$. Les calculs théoriques immédiatement entrepris par M. Wanach donnent de leur côté pour ces deux pendules les coefficients de stratification $+0^s,260$ et $+0^s241$. Le fait que les valeurs observées sont plus faibles que les valeurs théoriques n'a rien d'étonnant, car la différence de température en hauteur est vraisemblablement moins grande dans le pendule bon conducteur de la chaleur que dans l'air ambiant où on la mesure.

Ce travail de M. Wanach contient donc les premières déterminations authentiques du coefficient de stratification, tant à partir des marches observées que par la théorie. Un autre résultat important de ce travail, c'est que M. Riefler s'était trompé dans ses prévisions en construisant son pendule à mercure, puisque l'observation et la théorie s'accordent à montrer que cette nouvelle forme de pendule, loin d'être insensible aux variations du gradient, y est au contraire encore un peu plus sensible que le pendule à mercure ordinaire.

Il est juste d'ajouter que, deux ans plus tôt, M. E.-F. van de Sande Backhuyzen[1], en discutant les marches de l'excellente pendule Hohvü 17 de l'observatoire de Leyde, chercha à expliquer par les variations du gradient les irrégularités de marche qui ne provenaient ni des variations de la température, ni des variations de pression. Toutefois le résultat de ces recherches fut négatif, cette supposition ne diminuant pas les irrégularités résiduelles. Il faut dire que les conditions étaient ici bien moins favorables qu'à Potsdam, où le gradient variait beaucoup plus. L'insuccès de ces recherches ne montre donc pas que l'effet de stratification n'existe pas dans ce cas, mais seulement que, dans les conditions ordinaires, il est fort difficile de le déduire des observations. Ce qui le prouve bien, c'est qu'à Potsdam même, depuis que le chauffage de la cave

[1] E.-F. van de Sande Bäckhuyzen. « Over de periodiciteit..... » et « Voorlooping onderzoek..... » *Versl. Akad. Amst.*, vol. 11, 1902, p. 19, 187 et 357.

aux pendules a été abandonné (pour éviter ces trop grands gradients), il est devenu très difficile de déterminer un peu exactement les coefficients de stratification[1]. Cette difficulté est due à deux causes :

1° Les variations du gradient qu'on observe dans le cabinet d'une horloge à l'aide de deux thermomètres ne sont pas nécessairement celles qui se produisent dans le pendule lui-même. Dans la tige d'un pendule, à cause de la meilleure conductibilité, les différences de température en hauteur sont probablement atténuées : elles sont plus faibles que dans l'air ambiant. D'autre part, des effets de chaleur rayonnante sur le pendule ou sur les thermomètres viennent compliquer la tâche de l'observateur. Il est donc extrêmement difficile de connaître les variations réelles du gradient.

2° D'autre part, il est souvent difficile de séparer l'effet des variations du gradient de celui des variations de la température elle-même. Tandis que les variations barométriques se produisent suivant des périodes toutes différentes et beaucoup plus courtes, ce qui permet de déduire très facilement des marches observées, même pendant un court laps de temps, d'excellentes valeurs du coefficient barométrique d'une horloge, les variations de température et les variations du gradient suivent toutes deux une période annuelle, et il est presque impossible de séparer leurs deux effets dans les marches observées. On peut affirmer que de ce fait la valeur du coefficient thermique d'un pendule à mercure, telle qu'on la déduit des observations, est bien souvent inexacte. Bien souvent aussi, des modifications apparentes de cette quantité sont simplement attribuables à l'effet perturbateur des variations du gradient.

On voit par là que la sensibilité du pendule à mercure vis-à-vis de la stratification de température est un très grand inconvénient : non seulement les variations du gradient entraînent des variations de marche, mais ces variations de gradient se dérobent aux observations ; on ne peut donc guère en tenir compte avec succès par le calcul. De plus, cet effet de stratification empêche d'obtenir une valeur exacte du coefficient thermique de l'horloge.

Il est bien naturel dès lors de se demander s'il n'y aurait pas possibilité de construire un pendule à mercure qui serait, comme le pendule à gril, complètement insensible à ces variations du gradient. La chose paraît au premier abord possible : il semble qu'il suffit d'élever suffisamment le vase à mercure

[1] *Jahresbericht des Direktors des K. Geod. Instituts*, 1904-1905, 1905-1906, 1906-1907, 1907-1908, Veröff. Nr. 22, 26, 33, 38.

pour obtenir ce résultat. M. Wanach a abordé aussi cette question et il est arrivé à la conclusion[1] que « le plus court pendule à secondes (acier et mercure) compensé simultanément pour la température et pour la stratification de température aurait plus de $2^m,20$ de longueur et ne serait donc pas utilisable en pratique ». Cette longueur minimum concerne d'ailleurs un cas théorique : la longueur d'un pendule doublement compensé serait en réalité encore plus grande.

Tels sont, en résumé, les principaux résultats des travaux auxquels le présent chapitre fait suite. Je vais tout d'abord y établir des formules aussi simples et commodes que possible pour calculer le coefficient de stratification d'un pendule à mercure de forme quelconque. Je montrerai ensuite que le dernier résultat de M. Wanach est bien exact pour le cas où il a été établi, c'est-à-dire si l'on suppose le vase à mercure de forme cylindrique, et la surface libre du mercure située au sommet de la colonne, mais qu'il ne l'est plus lorsqu'on se place dans d'autres conditions ; je montrerai en particulier qu'il est parfaitement possible de construire des pendules à mercure compensés à la fois pour les variations de température et pour celles du gradient[2].

[1] B. Wanach. A. N., 3968, p. 116.

[2] Il semble vraiment que tous ceux qui se sont occupés de cette question d'influence de la stratification de la température sur la marche du pendule devaient se laisser égarer par le simple bon sens. Ainsi, M. W.-A. Nippold, dans son article sur « Ein neues für Temperatur und Luftdruckschwankungen kompensirtes Pendel », *Zeitschr. f. Instr.*, Bd. 9, p. 197, après avoir proposé une forme très ingénieuse de pendule, consistant en deux bras de dilatation inégale, l'un supérieur à la supension et de faible dilatation, l'autre inférieur à la suspension et de dilatation plus grande, ajoute que « puisque les deux métaux différents employés à la compensation ne sont pas, comme dans le pendule à gril, à côté l'un de l'autre, mais l'un au-dessus de l'autre, les variations de la température en hauteur auront ici une plus grande influence perturbatrice ». Pour atténuer cet inconvénient de son nouveau pendule, M. Nippold propose même de le placer dans un cabinet à fermeture non hermétique, et qui serait ventilé.

Le fait qu'un tel pendule doit être très sensible à la stratification de température paraît évident. Et cependant le calcul exact montre qu'il n'en est rien, et qu'on peut même facilement déterminer les dimensions du pendule de façon à ce que cet effet soit entièrement compensé.

La condition de compensation thermique d'un tel pendule (en conservant les notations de M. Nippold) peut s'écrire :

$$2l(\varkappa p^2 a + 1) = L(\varkappa p a - 1)$$

D'autre part, on trouve aisément comme condition de compensation pour la stratification :

$$2l(\varkappa p^3 a + 1) = L(\varkappa p^2 a - 1)$$

On voit qu'il suffit de choisir $p$ (rapport des longueurs des deux bras) égal à 1 pour que ces conditions se confondent. Si, dans ce cas, le pendule est compensé pour les variations de température, il le sera en même temps pour les variations du gradient. Cet exemple, venant s'ajouter aux précédents, montre qu'en cette affaire il faut raisonner avec beaucoup de prudence.

## 2. Calcul du coefficient de stratification.

Voyons d'abord comment on peut calculer le coefficient de stratification d'un pendule à mercure absolument quelconque.

Soit $\tau$ la différence de température par unité de hauteur, comptée positivement quand la température augmente de bas en haut. Soit un pendule à mercure quelconque, pour lequel :

$$l = \frac{N}{D} = \frac{J + i}{S + s}$$

Par dérivation, on obtient l'équation suivante, analogue à la formule (1bis) du chapitre précédent :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{1}{D}\left[\frac{dJ}{d\tau} + \frac{di}{d\tau} - l\left(\frac{dS}{d\tau} + \frac{ds}{d\tau}\right)\right] \qquad (1)$$

Le moment d'inertie et le moment statique de la partie solide du pendule sont de la forme :

$$J = \Sigma \mu x^2 \qquad S = \Sigma \mu x$$

Nous supposerons (car on n'a pas besoin dans cette question d'une approximation très grande) que toute la matière du pendule est concentrée dans un même plan passant par l'axe de suspension, et vertical quand le pendule est au repos. Grâce à cette simplification, les quantités $x$ figurant dans les deux formules ci-dessus sont bien identiques entre elles.

Or on a :

$$\frac{dx}{d\tau} = -\frac{x^2}{2}\alpha$$

car la température moyenne de la longueur $x$ sera $-\frac{x}{2}d\tau$ si la température est supposée nulle à la suspension. On aura par suite :

$$\frac{dJ}{d\tau} = \Sigma \mu 2x\left(-\frac{x^2}{2}\alpha\right) = -\Sigma \mu x^3 \alpha = -K\alpha$$

si l'on introduit la quantité auxiliaire :

$$K = \Sigma \mu x^3$$

Et de même :

$$\frac{dS}{d\tau} = \Sigma\mu\left(-\frac{x^2}{2}\alpha\right) = -\Sigma\frac{\mu}{2}x^2\alpha = -\frac{1}{2}J\alpha$$

En introduisant ces valeurs dans (1) on obtient :

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{1}{D}\left[-K\alpha + \frac{l}{2}J\alpha + \frac{di}{d\tau} - l\frac{ds}{d\tau}\right] \qquad (2)$$

Reste à remplacer dans cette formule $\frac{di}{d\tau}$ et $\frac{ds}{d\tau}$ par leurs valeurs. Nous nous servirons ici d'un raisonnement analogue à celui qui nous a permis d'établir la formule (3) du chapitre précédent.

Les quantités $i$ et $s$ sont de la forme :

$$i = \Sigma\mu x^2 \qquad s = \Sigma\mu x$$

On peut distinguer deux parties dans la variation de ces quantités. La première partie s'obtient en supposant que, lorsque la stratification de température $d\tau$ se produit, le mercure continue à arriver au même niveau, qu'on s'imagine repéré sur la paroi du vase. Mais en réalité le mercure est, par suite d'une variation positive du gradient, à une température inférieure à celle de la suspension ; il s'est donc contracté (beaucoup plus que le récipient qui le contient) et n'atteint plus à son niveau primitif ; il en résulte une diminution $\iota_2$ de $i$ et une diminution $\sigma_2$ de $s$, qui constituent les secondes parties des variations de ces deux quantités.

Pour le calcul des premières parties on a simplement :

$$\frac{dx}{d\tau} = x\left(-\frac{x}{2}\alpha\right) = -\frac{x^2}{2}\alpha$$

De plus, puisque $\mu = v\delta$ (volume $\times$ densité d'un élément de masse de mercure) :

$$\frac{d\mu}{d\tau} = v\frac{d\delta}{d\tau} + \delta\frac{dv}{d\tau}$$

mais on a :

$$\frac{d\delta}{d\tau} = \delta(x\gamma) = x\delta\gamma$$

$$\frac{dv}{d\tau} = v(-x3\alpha) = -3vx\alpha$$

donc on trouve :

$$\frac{d\mu}{d\tau} = xv\delta(\gamma - 3\alpha) = \mu x\varepsilon$$

Ces valeurs préliminaires étant connues, on peut calculer facilement $\frac{di}{d\tau}$ et $\frac{ds}{d\tau}$. On a :

$$\begin{aligned}\frac{di}{d\tau} &= \Sigma\left(\mu 2x\frac{dx}{d\tau} + x^2\frac{d\mu}{d\tau}\right) - \iota_2 \\ &= \Sigma\left[2\mu x\left(-\frac{x^2}{2}\alpha\right) + x^2\mu x\varepsilon\right] - \iota_2 \\ &= \Sigma\mu x^3(\varepsilon - \alpha) - \iota_2\end{aligned}$$

Si l'on pose pour abréger, et par analogie :

$$\Sigma\mu x^3 = k$$

notre expression devient :

$$\frac{di}{d\tau} = k(\varepsilon - \alpha) - \iota_2$$

On trouve de même :

$$\begin{aligned}\frac{ds}{d\tau} &= \Sigma\left(\mu\frac{dx}{d\tau} + x\frac{d\mu}{d\tau}\right) - \sigma_2 \\ &= \Sigma\left[\mu\left(-\frac{x^2}{2}\alpha\right) + x\mu x\varepsilon\right] - \sigma_2 \\ &= \Sigma\mu x^2\left(\varepsilon - \frac{\alpha}{2}\right) - \sigma_2 \\ &= i\left(\varepsilon - \frac{\alpha}{2}\right) - \sigma_2\end{aligned}$$

Reste encore à remplacer $\iota_2$ et $\sigma_2$ par leurs valeurs. Nous venons de voir que $\frac{d\mu}{d\tau} = \mu x \varepsilon$. Si le mercure atteignait encore son niveau primitif, sa masse aurait donc dû augmenter de $\Sigma \mu x \varepsilon = s\varepsilon$; en réalité, la masse est restée constante; $s\varepsilon$ est donc la quantité de mercure qui paraît manquer (par rapport au niveau primitif). $\sigma_2$ et $\iota_2$ sont par définition la diminution du moment statique et la diminution du moment d'inertie dues à cette diminution toute fictive de la masse du mercure. On a donc:

$$\sigma_2 = s d \varepsilon \qquad \iota_2 = s(\iota_1 + d^2)\varepsilon$$

$d$ étant la distance du niveau du mercure à la suspension, $\iota_1$ étant le moment d'inertie de la surface du mercure (supposée de masse 1) par rapport à un axe contenu dans la surface et parallèle à l'axe de suspension. Cette quantité s'annule si on suppose, comme nous l'avons fait dans tout ce chapitre, que la masse du pendule est tout entière concentrée dans un plan vertical passant par l'axe de suspension. Alors on a plus simplement:

$$\iota_2 = s d^2 \varepsilon$$

D'où finalement les valeurs cherchées:

$$\frac{di}{d\tau} = k(\varepsilon - \alpha) - s d^2 \varepsilon$$

$$\frac{ds}{d\tau} = i\left(\varepsilon - \frac{\alpha}{2}\right) - s d \varepsilon$$

Si nous introduisons ces valeurs dans l'équation de stratification (2), celle-ci devient:

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{1}{D}\left[-K\alpha + \frac{l}{2} J\alpha + k(\varepsilon - \alpha) - s d^2 \varepsilon - l i\left(\varepsilon - \frac{\alpha}{2}\right) + l s d \varepsilon\right]$$

qu'on peut écrire:

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha + \frac{1}{D}\left[-G\alpha + \{k - l i + s d(l - d)\}\varepsilon\right] \qquad (3)$$

en posant:

$$K + k = G$$

Telle est la formule tout à fait générale pour le calcul du coefficient de stratification d'un pendule à mercure. Il y a quelquefois intérêt à laisser G séparé en K et $k$. Cette formule s'écrit alors :

$$\frac{dl}{d\tau}=\frac{l^2}{2}\alpha-\frac{1}{D}\left[K\alpha-k(\varepsilon-\alpha)+\{li-sd(l-d)\}\varepsilon\right] \quad (4)$$

### 3. Quelques cas spéciaux.

De même que nous avons tiré de la condition générale de compensation quelques formules spéciales concernant certains types bien déterminés de pendules à mercure, nous pourrons spécialiser aussi cette formule (4). Il y aura lieu d'employer, pour une droite matérielle quelconque située sur l'axe du pendule, à côté des valeurs déjà utilisées plus haut :

$$i=\frac{c}{3}(b^3-a^3)$$

$$s=\frac{c}{2}(b^2-a^2)$$

$$m=c(b-a)$$

la nouvelle formule :

$$k=\int_a^b cx^3\,dx=\frac{c}{4}\Big|x^4\Big|_a^b=\frac{c}{4}(b^4-a^4)$$

Nous allons reprendre successivement les cinq cas particuliers étudiés déjà au chapitre précédent.

*Premier cas* (fig. 3, p. 245). — On a simplement $k=m\lambda^3$, et la formule (4) devient :

$$\frac{dl}{d\tau}=\frac{l^2}{2}\alpha-\frac{1}{D}\left[K\alpha-m\lambda^3(\varepsilon-\alpha)+\{lm\lambda^2-dm\lambda(l-d)\}\varepsilon\right]$$

ou bien :

$$\frac{dl}{d\tau}=\frac{l^2}{2}\alpha-\frac{1}{D}\left(K\alpha-m\lambda\}\lambda^2(\varepsilon-\alpha)-[l\lambda-d(l-d)]\varepsilon\}\right) \quad (5)$$

*Deuxième cas* (fig. 4, p. 245). — On a : $d = a$, et, pour $k$, la valeur donnée plus haut. La formule (4) donne :

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha - \frac{1}{D}\left(K\alpha - c\left\{\frac{b^4 - a^4}{4}(\varepsilon - \alpha) - \left[l\frac{b^3 - a^3}{3} - a(l-a)\frac{b^2 - a^2}{2}\right]\varepsilon\right\}\right) \tag{6}$$

On peut en déduire une formule analogue à la formule (6 bis) du chapitre précédent, par quelques transformations :

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha - \frac{1}{D}\left(K\alpha + m\left\{\frac{b^3 + ab^2 + a^2b + a^3}{4}\alpha + \left[l\frac{b^2 + ab + a^2}{3} - a(l-a)\frac{b+a}{2} - \frac{b^3 + ab^2 + a^2b + a^3}{4}\right]\varepsilon\right\}\right)$$

mais :

$$\frac{b^3 + ab^2 + a^2b + a^3}{4}$$

$$= \frac{1}{4}(b^3 + b^3 - b^2h + b^3 - 2b^2h + bh^2 + b^3 - 3b^2h + 3bh^2 - h^3)$$

$$= b^3 - \frac{3}{2}b^2h + bh^2 - \frac{h^3}{4}$$

de même :

$$l\frac{b^2 + ab + a^2}{3} - a(l-a)\frac{b+a}{2} = l\frac{b^2 + b^2 - bh + b^2 - 2bh + h^2}{3}$$

$$- l\frac{b^2 - bh + b^2 - 2bh + h^2}{2} + \frac{b^3 - 2b^2h + bh^2 + b^3 - 3b^2h + 3bh^2 - h^3}{2}$$

$$= l\left(\frac{bh}{2} - \frac{h^2}{6}\right) + b^3 - \frac{5}{2}b^2h + 2bh^2 - \frac{h^3}{2}$$

$$= \frac{lh}{2}\left(b - \frac{h}{3}\right) + b^3 - \frac{5}{2}b^2h + 2bh^2 - \frac{h^3}{2}$$

donc :

$$[\,] = \frac{lh}{2}\left(b - \frac{h}{3}\right) - b^2h + bh^2 - \frac{h^3}{4} = h\left[\frac{l}{2}\left(b - \frac{h}{3}\right) - \left(b - \frac{h}{2}\right)^2\right]$$

et en introduisant ces valeurs dans (6) :

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha - \frac{1}{D}\left(K\alpha + m\left\{\left(b^3 - \frac{3}{2}b^2h + bh^2 - \frac{h^3}{4}\right)\alpha + h\left[\frac{l}{2}\left(b - \frac{h}{3}\right) - \left(b - \frac{h}{2}\right)^2\right]\varepsilon\right\}\right) \tag{6 bis}$$

Cette formule est déjà passablement compliquée; les formules analogues pour les cas suivants le seraient encore plus: nous renoncerons donc désormais à cette transformation.

Pour tous les pendules à mercure actuels, la formule (6), ainsi que (6 bis), permet de calculer le coefficient de stratification. Au premier abord, la formule (6) paraît plus avantageuse. Toutefois, pour les pendules à mercure ordinaires, il est bon de noter qu'il faut conduire le calcul avec plus de chiffres qu'on n'en désire d'exacts dans le résultat, car, au cours de ce calcul, on doit faire des différences de termes à peu près égaux.

La formule (6 bis) présente ce même inconvénient, mais à un moindre degré. Pour les pendules à mercure ordinaires, cette dernière formule est donc plus avantageuse.

La quantité K qui figure dans ces deux formules dépend naturellement de la forme de la partie solide du pendule, forme qui varie beaucoup d'un pendule à l'autre. Il faut donc calculer à nouveau cette quantité pour chaque type de pendule. On pourra simplifier ce calcul en remplaçant la partie solide du pendule par une forme plus simple mais équivalente, composée par exemple exclusivement de droites et de points matériels.

A titre de vérification, j'ai fait l'essai de ces deux formules pour les deux pendules à mercure Riefler 20 et Denker 27, tels qu'ils ont été légèrement simplifiés et schématisés, puis calculés exactement par M. B. Wanach[1]. Pour le calcul de K, j'ai supposé que la masse de la partie solide était, comme celle du mercure, concentrée dans la ligne centrale du pendule. J'ai fait ce calcul, d'abord très approximativement, avec une table de multiplication de Crelle (trois chiffres significatifs), puis un peu plus soigneusement, à 5 décimales. Voici les résultats obtenus:

| | Pendule Riefler (n° 20) $\frac{dl}{d\tau} =$ | Pendule ordinaire (Denker 27) $\frac{dl}{d\tau} =$ |
|---|---|---|
| Calcul avec trois chiffres: | | |
| Formule (6) . . . . . | $0{,}058_7$ | $0{,}068_2$ ! |
| » (6 bis) . . . . . | $0{,}058_9$ | $0{,}056_4$ |
| Calcul avec cinq chiffres: | | |
| Formule (6) . . . . . | $0{,}059_{96}$ | $0{,}056_{86}$ |
| » (6 bis) . . . . . | $0{,}059_{95}$ | $0{,}056_{14}$ |
| Valeur exacte, calculée par M. Wanach | $0{,}059_{86}$ | $0{,}055_{56}$ |

[1] *Loc. cit.* Voir aussi les fig. 1 et 2 et les données numériques de la p. 226.

On voit que, pour le pendule Riefler, l'accord est bon. Par contre, la valeur fournie pour le pendule ordinaire par la formule (6), calculée avec trois chiffres significatifs seulement, est absolument inacceptable : nous en avons déjà indiqué la cause. Le calcul par la même formule, avec cinq décimales, donne toute l'exactitude désirable, car la connaissance du coefficient de stratification jusqu'à $^1/_{20}$ ou $^1/_{30}$ de sa valeur est toujours suffisante. Les chiffres ci-dessus confirment donc que nous étions bien autorisés à négliger les dimensions horizontales des pendules en supposant toute la masse concentrée dans le plan de symétrie : en effet, il n'y a pas de différences systématiques de quelque importance entre les résultats fournis par les formules (6) et (6 bis) et ceux calculés par M. Wanach sans cette simplification.

Des valeurs de $\frac{dl}{d\tau}$ ainsi obtenues, on peut immédiatement déduire les coefficients de stratification proprement dits, à l'aide de la formule (14) qu'on suppose divisée par $d\tau$. Les valeurs de M. Wanach donnent ainsi les nombres que nous avons déjà cités plus haut $\frac{dm}{d\tau} = +0^s,260$ pour le pendule Riefler, et $\frac{dm}{d\tau} = +0^s,241$ pour le pendule à mercure ordinaire (effet d'un gradient de 1° par mètre sur la marche). L'évaluation tout approximative du début de ce chapitre se trouve ainsi confirmée, à savoir que, pour tous les pendules à mercure actuels battant la seconde, le coefficient de stratification est d'environ $+0^s,25$.

*Troisième cas* (fig. 5, p. 245). — On a ici :

$$k = \frac{c}{4}(b^4 - a^4) + q\,b^3,$$

et (4) devient :

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha - \frac{1}{D}\left(K\alpha - c\right\}\frac{1}{4}(b^4 - a^4)(\varepsilon - \alpha) - \left[\frac{l}{3}(b^3 - a^3) - \frac{a}{2}(l - a)(b^2 - a^2)\right]\varepsilon\left\{ - q\,b\right\} b^3(\varepsilon - \alpha) - [l\,b - a(l - a)]\varepsilon\left\}\right) \quad (7)$$

*Quatrième cas* (fig. 6, p. 245). — $k$, $i$, $s$ ont ici mêmes valeurs que dans le deuxième cas; la seule différence est que $d$ reste une grandeur indépendante. (4) devient:

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha - \frac{1}{D}\left(K\alpha - c\left\{\frac{1}{4}(b^4 - a^4)(\varepsilon - \alpha) - \left[\frac{l}{3}(b^3 - a^3) - \frac{d}{2}(l - d)(b^2 - a^2)\right]\varepsilon\right\}\right) \tag{8}$$

*Cinquième cas* (fig. 7, p. 245). — Ici:

$$k = \frac{c}{4}(b^4 - a^4) + qa^3,$$

et on a:

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha - \frac{1}{D}\left(K\alpha - c\left\{\frac{1}{4}(b^4 - a^4)(\varepsilon - \alpha) - \left[\frac{l}{3}(b^3 - a^3) - \frac{d}{2}(l - d)(b^2 - a^2)\right]\varepsilon\right\} - qa\left\{a^2(\varepsilon - \alpha) - [la - d(l - d)]\varepsilon\right\}\right) \tag{9}$$

### 4. Influence possible de la stratification sur le coefficient thermique.

Nous avons dit plus haut que les variations de stratification observées à Berlin par M. Zwink[1] présentent une période annuelle qui concorde presque exactement avec celle des variations de la température elle-même. Si ce phénomène était général, il entraînerait, pour tous les pendules à mercure actuels qui ont, à peu de chose près, le même coefficient de stratification très élevé, un défaut de compensation. Il y aurait lieu de tenir compte de ce fait dans le calcul de cette compensation thermique: on pourrait en effet s'arranger pour que celle-ci compense du même coup la partie de l'effet de stratification qui varie proportionnellement à la température.

Voyons d'abord, d'après les observations de M. Zwink, quelle est la grandeur des quantités dont il s'agit. En me servant des températures extrêmes observées chaque année et du gradient observé en même temps, j'obtiens que, pour une variation moyenne de 14°,5, ce gradient varie de 0°,249,

[1] *Loc. cit.*

sur une hauteur de $0^m,72$. On en déduit qu'une augmentation de température de $1^o$ entraîne un gradient de $0^o,024$ par mètre de hauteur. Or nous avons vu que le coefficient de stratification des pendules à mercure actuels est d'environ $^1/_4$ de seconde, pour un gradient de $1^o$ par mètre. Donc notre augmentation de température de $1^o$ produira ainsi indirectement un changement de marche de $\frac{1}{4} \times 0,024 = 0^s,006$, c'est-à-dire altérera d'autant le coefficient thermique. Cette quantité est à peine supérieure à la limite des quantités que nous étions convenu de négliger.

Pour savoir si cette coïncidence des périodes des deux phénomènes est générale, j'ai pu encore utiliser les observations de température faites à la pendule Hipp installée dans la tour de l'équatorial à l'Observatoire de Neuchâtel. La différence des températures extrêmes a été ici en moyenne de $20^o,0$ et la variation moyenne correspondante du gradient : $0^o,187$ pour $0^m,60$ de hauteur ; cela donne, pour une variation de température de $1^o$, une variation du gradient de $0^o,015$ par mètre, donc notablement plus faible que dans le cas de M. Zwink. L'effet systématique de la stratification sur la compensation est ici négligeable. Il n'y a donc pas lieu de tenir compte de cette influence d'une façon générale.

Ceci n'infirme d'ailleurs en rien ce que nous avons dit plus haut de l'influence de la stratification sur la marche, car il ne s'agit ici que de la partie de cet effet qui a même période que la température, et pas de l'effet entier. Il est curieux de noter en particulier que (comme nous l'avons déjà dit) la variation totale du gradient est plus grande dans le second des cas ci-dessus que dans le premier, tandis que la partie de cette variation du gradient qui coïncide avec celle de la température est plus faible dans le second que dans le premier.

### 5. Compensation de l'effet de stratification.

Les formules établies jusqu'ici nous permettent d'aborder maintenant l'étude d'un problème particulièrement intéressant et important : est-il possible de construire un pendule à mercure compensé simultanément pour les variations de la température et pour les variations de stratification de la température. Si une semblable construction est possible, il faut évidemment s'empresser de l'adopter, car elle supprimerait le principal, on peut presque dire le seul inconvénient de la compensation à mercure.

On pourrait croire au premier abord que rien ne s'oppose à ce perfectionnement : il suffit, semble-t-il, de placer le mercure assez haut pour que l'effet de stratification disparaisse. En réalité, la question est loin d'être aussi simple ; c'est que, au fur et à mesure qu'on élève le mercure, son pouvoir compensateur diminue, et on est obligé d'en augmenter la masse. D'ailleurs, on ne peut pas élever le mercure indéfiniment, puisque, comme nous l'avons vu déjà, tout le mercure situé au-dessus du milieu du pendule (point à la distance $\frac{l}{2}$ de la suspension) est non seulement inutile, mais nuisible à la compensation. D'autre part, le fait de transporter ainsi le mercure vers le milieu du pendule entraîne une autre conséquence : la partie solide doit alors être en grande partie concentrée en un point très bas, pour que le pendule entier continue à battre la seconde ; on aboutit donc, lorsqu'on veut construire de tels pendules doublement compensés, à des formes tellement allongées qu'on ne peut pas songer à les réaliser dans la pratique.

La question qui se pose est donc celle-ci : quelle sera la longueur minimum d'un tel pendule doublement compensé? Nous étudierons tout d'abord le cas d'un vase cylindrique ; c'est le deuxième des cas traités au § 4 du chapitre II et au § 3 du présent chapitre. Les résultats qui y ont été établis sont ici immédiatement utilisables.

La condition de compensation pour la température est (formule (6), chap. II) :

$$l\alpha = \frac{c}{D}\left[\frac{1}{3}(b^3 - a^3) - \frac{l}{2}(b^2 - a^2) + a(l-a)(b-a)\right]\varepsilon$$

et celle de la compensation de la stratification (formule (6) du présent chapitre) :

$$\frac{l^2}{2}\alpha = \frac{1}{D}\left(K\alpha - c\left\{\frac{b^4 - a^4}{4}(\varepsilon - \alpha) - \left[l\frac{b^3 - a^3}{3} - a(l-a)\frac{b^2 - a^2}{2}\right]\varepsilon\right\}\right)$$

Nous ne diminuerons en rien la généralité de notre démonstration si nous supposons que notre pendule a une longueur réduite, $l$, donnée, ainsi qu'un moment d'inertie, N, donné ; car, pour passer d'un tel pendule à un pendule de longueur quelconque, il suffira d'en multiplier toutes les dimensions

par un rapport déterminé; si l'un de ces pendules est doublement compensé, l'autre le sera aussi, et d'autre part, pour passer d'un tel pendule à un pendule d'un autre moment d'inertie, il suffira de multiplier les différentes masses par un facteur constant, la double compensation n'étant pas affectée par une telle transformation, tant qu'on néglige, comme il est convenu, les dimensions transversales du pendule. Nous pouvons donc poser, pour simplifier les calculs, $l = 1$ et $N = 1$. Alors, d'après la formule $l = \frac{N}{D}$, on a aussi $D = 1$, et nous devons ajouter aux deux équations ci-dessus les deux nouvelles équations :

$$D = S + \frac{c}{2}(b^2 - a^2) = 1$$

$$N = J + \frac{c}{3}(b^3 - a^3) = 1$$

Pour poursuivre notre démonstration, il faut faire ici une supposition quant à la forme de la partie solide du pendule; nous supposerons tout d'abord, à l'exemple de M. Wanach, que toute la masse solide est concentrée en un point. Soit Q cette masse, F sa distance à la suspension. On a alors pour S, J et K les valeurs les plus simples possibles :

$$S = QF \qquad J = QF^2 \qquad K = QF^3$$

Il nous reste à déterminer la valeur minimum de F pour un pendule doublement compensé de ce type. D'après tout ce que nous avons dit plus haut, la solution la plus favorable sera celle où le mercure a son niveau exactement au milieu du pendule, c'est-à-dire celle où on aura, dans les formules ci-dessus, $a = \frac{l}{2} = \frac{1}{2}$. Nous aboutissons ainsi au système d'équations suivant :

$$QF + \frac{c}{2}\left(b^2 - \frac{1}{4}\right) = 1 \qquad QF^2 + \frac{c}{3}\left(b^3 - \frac{1}{8}\right) = 1$$

$$\alpha = c\left[\frac{1}{3}\left(b^3 - \frac{1}{8}\right) - \frac{1}{2}\left(b^2 - \frac{1}{4}\right) + \frac{1}{4}\left(b - \frac{1}{2}\right)\right]\varepsilon$$

$$\frac{\alpha}{2} = QF^3\alpha - c\left\{\frac{1}{4}\left(b^4 - \frac{1}{16}\right)(\varepsilon - \alpha) - \left[\frac{1}{3}\left(b^3 - \frac{1}{8}\right) - \frac{1}{8}\left(b^2 - \frac{1}{4}\right)\right]\varepsilon\right\}$$

Nous avons ainsi quatre équations pour quatre inconnues. On peut sans difficulté en éliminer trois; les calculs sont un peu longs: qu'il me suffise donc d'indiquer ici la marche suivie.

La troisième équation permet d'exprimer $c$ en fonction de $b$; on introduit cette valeur dans les trois autres équations; on peut alors en tirer les valeurs de QF, $QF^2$ et $QF^3$. En prenant le rapport de la deuxième de ces quantités à la première, puis de la troisième à la deuxième, on obtient deux valeurs de F qu'on n'a plus qu'à égaler pour former une équation à une seule inconnue, $b$. Voici cette équation:

$$24 b^3 \varepsilon (\varepsilon - \alpha) - 4 b^2 (9\varepsilon^2 - 4\varepsilon\alpha - \alpha^2) + 2 b (9\varepsilon^2 - 11\varepsilon\alpha + 4\alpha^2) - (3\varepsilon^2 + 2\varepsilon\alpha - \alpha^2) = 0$$

Cette équation résolue, on a, pour calculer les trois autres inconnues, les formules suivantes:

$$F = \frac{\left(b - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \left(b^2 + \frac{b}{2} + \frac{1}{4}\right)\alpha}{\left(b - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \frac{3}{2}\left(b + \frac{1}{2}\right)\alpha}$$

$$c = \frac{3\alpha}{\left(b - \frac{1}{2}\right)^3 \varepsilon}$$

$$Q = \frac{1 - \frac{c}{2}\left(b^2 - \frac{1}{4}\right)}{F}$$

On a, pour un pendule à mercure en acier, $\alpha = 0{,}000011$ $\varepsilon = 0{,}000148$, et l'équation du troisième degré en $b$ devient approximativement:

$$1622 b^3 - 2540 b^2 + 1198 b - 229{,}5 = 0$$

Une résolution, grossièrement approchée, m'a donné pour les inconnues:

$$b = 0{,}941 \qquad c = 2{,}61$$
$$F = 2{,}23 \qquad Q = 0{,}0775$$

Ces résultats concordent bien avec ceux auxquels M. Wanach avait abouti par une méthode sensiblement différente. Du tableau des résultats de M. Wanach, je tire les valeurs suivantes pour le cas du minimum de F :

$$E = 717 \qquad E' = 2220 \qquad \mu = 0{,}0674 \qquad L = 433$$ [1]

Les valeurs que nous venons d'obtenir donneraient pour ces mêmes quantités les nombres suivants :

$$E = 720 \qquad E' = 2230 \qquad \mu = 0{,}0677 \qquad L = 441$$

Si l'on remarque que je suis parti de constantes un peu différentes, $l = 1$ au lieu de $l = 0{,}994$ et $\varepsilon = 148.10^{-6}$ au lieu de $148{,}36.10^{-6}$, et que de plus je me suis borné à des calculs très peu précis, on conviendra que l'accord est très satisfaisant.

La conclusion à laquelle M. Wanach était parvenu est ainsi confirmée, à savoir qu'un pendule à seconde, à mercure et en acier, qui serait simultanément compensé pour les variations de température et pour celles de stratification, aurait plus de $2^m{,}20$ de longueur, et que de ce fait il ne serait guère réalisable.

Toutefois il faut noter que ce résultat assez inattendu n'a été obtenu qu'en faisant deux spécialisations : la partie solide a été supposée concentrée en un seul point, et le mercure supposé constituer une colonne cylindrique. Ces deux suppositions sont-elles de nature à influencer sensiblement le résultat ?

Si l'on suppose que la masse solide n'est plus concentrée en un point, mais répartie en une tige et une lentille, la longueur de cette partie solide sera vraisemblablement encore plus longue que les $2^m{,}20$ obtenus ci-dessus. Mais, comme nous l'avons vu à plus d'une reprise au cours de ce travail, il est imprudent de se baser sur de simples vraisemblances dans cette question. C'est pourquoi j'ai procédé à quelques essais numériques, et ces calculs de pendules ainsi constitués et doublement compensés ont pleinement confirmé cette supposition. Le cas où la masse solide est concentrée en un point est un cas limite et correspond à la longueur minimum de cette partie solide ; pour toute autre forme, la longueur nécessaire pour atteindre une double compensation est plus grande.

[1] Dans les notations de M. Wanach, L est la longueur de la colonne de mercure, E la distance de son centre de gravité à la suspension, E' la distance F de la masse solide à la suspension, enfin $\mu$ le rapport de cette masse solide à celle du mercure.

Il semble par contre qu'on pourrait, en renonçant à la forme cylindrique de la colonne de mercure, et en supposant que celui-ci est concentré en grande partie en un point, et se transporte par dilatation jusqu'au milieu du pendule, réaliser des conditions plus favorables (car l'effet compensateur d'une masse donnée de mercure est ainsi plus grand) et réduire dans une proportion notable la longueur de la partie solide.

Pour trancher cette question, il nous faut simplement refaire le même calcul que ci-dessus, mais pour le premier des cas spéciaux étudiés plus haut. Les conditions des deux compensations sont ici les formules (5) :

$$l\alpha = \frac{m}{D}\left[\lambda(\lambda - l) + d(l - d)\right]\varepsilon$$

$$\frac{l^2}{2}\alpha = \frac{1}{D}\left(K\alpha - m\lambda\left\{\lambda^2(\varepsilon - \alpha) - \left[l\lambda - d(l - d)\right]\varepsilon\right\}\right)$$

Nous posons, exactement comme ci-dessus, $l = 1$, $N = 1$, d'où $D = 1$. Alors :

$$D = QF + m\lambda = 1$$
$$N = QF^2 + m\lambda^2 = 1$$

De plus, si nous plaçons le niveau du mercure au milieu du pendule, nous aurons $d = \frac{l}{2} = \frac{1}{2}$. Nous aboutissons ainsi au système des quatre équations suivantes :

$$QF + m\lambda = 1$$
$$QF^2 + m\lambda^2 = 1$$
$$\alpha = m\left[\lambda(\lambda - 1) + \frac{1}{4}\right]\varepsilon \quad \text{ou bien} \quad \alpha = m\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2\varepsilon$$
$$\frac{1}{2}\alpha = QF^3\alpha - m\lambda\left\{\lambda^2(\varepsilon - \alpha) + \left(\lambda - \frac{1}{4}\right)\varepsilon\right\}$$
$$\text{ou bien} \quad QF^3 - \frac{m\lambda}{\alpha}\left[\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2\varepsilon - \lambda^2\alpha\right] = \frac{1}{2}$$

Pour résoudre ce système, on procède de même que dans le cas précédent. La troisième équation nous donne la valeur de $m$, en fonction de $\lambda$ :

$$m = \frac{\alpha}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2\varepsilon}$$

En introduisant cette valeur dans les deux premières et dans la quatrième des équations ci-dessus, on obtient :

$$QF = 1 - \frac{\lambda\alpha}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon}$$

$$QF^2 = 1 - \frac{\lambda^2\alpha}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon}$$

$$QF^3 = \frac{1}{2} + \frac{\lambda}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon}\left[\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda^2\alpha\right]$$

En divisant membre à membre la deuxième équation par la première et la troisième par la deuxième, on obtient les deux valeurs suivantes de F :

$$F = \frac{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda^2\alpha}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda\alpha}$$

$$F = \frac{\frac{1}{2}\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon + \lambda\left[\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda^2\alpha\right]}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda^2\alpha}$$

En égalant ces deux valeurs de F on obtient une équation en $\lambda$, qu'on peut simplifier notablement ; il reste finalement :

$$\lambda^3(\varepsilon - \alpha) - \lambda^2\left(\frac{3\varepsilon}{2} - \alpha\right) + \lambda\frac{1}{2}\left(\frac{3\varepsilon}{2} - \alpha\right) - \frac{\varepsilon}{8} = 0$$

Une fois cette équation résolue, on peut calculer F à l'aide de la première des deux valeurs ci-dessus :

$$F = \frac{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda^2\alpha}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda\alpha}$$

Puis, la troisième formule du système dont nous sommes partis donne :

$$m = \frac{\alpha}{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon}$$

Enfin, Q se calcule le plus facilement à partir de la première des équations du début ; on obtient :

$$Q = \frac{\left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon - \lambda \alpha}{F \left(\lambda - \frac{1}{2}\right)^2 \varepsilon}$$

Pour un pendule à mercure en acier, on a en moyenne $\alpha = 11 \times 10^{-6}$, $\varepsilon = 148 \times 10^{-6}$, et l'équation en $\lambda$ devient :

$$274\lambda^3 - 422\lambda^2 + 211\lambda - 37 = 0$$

Deux racines sont imaginaires. La racine réelle a pour valeur $\lambda = 0{,}762$. Les valeurs correspondantes des autres inconnues sont : $F = 2{,}12$, $m = 1{,}08$, $Q = 0{,}0829$. C'est la valeur $F = 2^m{,}12$ qui nous intéresse plus particulièrement : On voit que le gain réalisé est bien minime (la longueur n'est réduite que de 10 cm. environ). Nous en concluons que, quelle que soit la forme qu'on donne au récipient à mercure, la partie solide aura plus de $2^m{,}10$ de longueur.

L'espoir qu'on pouvait conserver de réussir, par une semblable disposition, à réaliser un pendule doublement compensé est donc déçu. Cela ne veut pas dire toutefois qu'il faille renoncer définitivement à résoudre ce problème. Nous n'avons jusqu'ici envisagé que le cas où le mercure est situé en entier au-dessous de sa surface libre. Or, puisque le pendule oscille sous une pression d'une atmosphère lorsqu'il est à l'air libre, et souvent aussi sous une pression assez considérable quand il est dans une cloche hermétiquement close, il y a possibilité de maintenir, par cette pression de l'air, une partie du mercure au-dessus de sa surface libre. On peut espérer arriver par ce stratagème à construire un pendule doublement compensé parfaitement utilisable.

C'est dans ce but que les conditions de compensation ont été étudiées pour des pendules de ce genre (voir le quatrième

et le cinquième des cas spéciaux traités plus haut). Au lieu de calculer ici simplement, comme pour les cas précédents, le pendule de longueur minimum (ce qui eût été un peu plus compliqué puisqu'il y a une variable de plus) j'ai préféré calculer quelques cas de pendules vraiment réalisables, c'est-à-dire dont la partie solide ne soit pas seulement constituée par un seul point matériel, mais bien par une tige pesante portant un tel point à son extrémité (la lentille).

Nous avons vu que plus le mercure est éloigné du milieu du pendule, plus son pouvoir compensateur est considérable. Malheureusement, lorsqu'on envisage des pendules avec mercure au-dessus de la surface libre, deux raisons s'opposent à éloigner beaucoup le mercure de ce milieu; tout d'abord, si on ne modifie pas la façon actuelle de suspendre le pendule, le sommet de la colonne de mercure devra rester à 10 ou en tout cas à 5 cm. au-dessous du point de suspension; ensuite, il semble utile de laisser la pression atmosphérique en excès important sur la pression du mercure. Dans les cinq cas que j'ai calculés, j'ai donc choisi $a = 10$; j'ai pris successivement pour $b$ les valeurs: 90, 100, 105, 110, 120. La première de ces valeurs détermine donc une colonne de mercure disposée symétriquement par rapport au milieu du pendule; il semblait à première vue que cette disposition devait permettre le plus facilement de compenser l'effet de stratification. Les valeurs suivantes ont été choisies plus grandes dans le but d'avoir une plus forte action compensatrice du mercure. Quant à $d$, on l'a naturellement choisi ici aussi égal à $\frac{l}{2} = 50$ (en prenant $l = 100$) puisque cette valeur est la plus favorable. De plus, et pour que les masses soient à peu près dans l'ordre de grandeur qu'elles devraient avoir en pratique, j'ai posé $D = 1\,000\,000$ et $N = 100\,000\,000$, ce qui donne bien $l = \frac{N}{D} = 100$.

Pour le calcul d'un pareil pendule doublement compensé on dispose alors des équations suivantes:

1. Moment statique:

$$D = S + \frac{c}{2}(b^2 - a^2)$$

2. Moment d'inertie:

$$N = J + \frac{c}{3}(b^3 - a^3)$$

3. Condition de compensation thermique (formule (8), chap. II):

$$l\alpha = \frac{c}{D}\left[\frac{1}{3}(b^3 - a^3) - \frac{l}{2}(b^2 - a^2) + d(l-d)(b-a)\right]\varepsilon$$

4. Condition de compensation de la stratification (8):

$$\frac{l^2}{2}\alpha = \frac{1}{D}\left(K\alpha - c\left\{\frac{1}{4}(b^4 - a^4)(\varepsilon - \alpha) - \left[\frac{l}{3}(b^3 - a^3) - \frac{d}{2}(l-d)(b^2 - a^2)\right]\varepsilon\right\}\right)$$

La troisième formule permet de calculer $c$, puis les trois autres donnent S, J et K, c'est-à-dire les données relatives à la partie solide du pendule. J'ai fait ces calculs pour les cinq valeurs de $b$ mentionnées ci-dessus, et j'ai obtenu les résultats suivants:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $b =$ | 90 | 100 | 105 | 110 | 120 |
| $c =$ | 174,1 | 118,0 | 96,5 | 79,6 | 54,7 |
| $S =$ | $304 \times 10^3$ | $416 \times 10^3$ | $473 \times 10^3$ | $522 \times 10^3$ | $609 \times 10^3$ |
| $J =$ | $577 \times 10^5$ | $607 \times 10^5$ | $628 \times 10^5$ | $647 \times 10^5$ | $685 \times 10^5$ |
| $K =$ | $713 \times 10^7$ | $844 \times 10^7$ | $919 \times 10^7$ | $985 \times 10^7$ | $1106 \times 10^7$ |

Nous connaissons ainsi le moment statique, le moment d'inertie et le moment du troisième degré de la partie solide de chacun de ces cinq pendules; voici comment on peut en déduire les dimensions et les masses: supposons chacun de ces pendules constitué par une ligne matérielle homogène de longueur B et de densité C (= masse de l'unité de longueur). L'une des extrémités de cette ligne est à la suspension, l'autre porte une masse Q. On a donc, par définition:

$$\left.\begin{aligned} S &= \frac{C}{2}B^2 + QB \\ J &= \frac{C}{3}B^3 + QB^2 \\ K &= \frac{C}{4}B^4 + QB^3 \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

En soustrayant membre à membre la deuxième équation de la première multipliée par B, et de même la troisième de la deuxième multipliée par B, on obtient :

$$\left.\begin{aligned} SB - J &= \frac{C}{6} B^3 \\ JB - K &= \frac{C}{12} B^4 \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Q est ainsi éliminé. On élimine de même C entre ces deux dernières équations, et on trouve :

$$SB^2 - 3JB + 2K = 0 \qquad (3)$$

L'équation (3), la première des équations (2) et la première des équations (1) donnent alors pour les inconnues :

$$B = \frac{3J \pm \sqrt{9J^2 - 8SK}}{2S}$$

$$C = \frac{6(SB - J)}{B^3}$$

$$Q = \frac{S}{B} - \frac{C}{2} B$$

En appliquant ces formules aux nombres obtenus précédemment, on arrive aux dimensions et masses suivantes :

| $b$ = | 90 | 100 | 105 | 110 | 120 |
|---|---|---|---|---|---|
| $B_1$ = | 471 | 305 | 227 | Imaginaires. | Imaginaires. |
| $C_1$ = | + 4,90 | + 14,0 | + 22,9 | | |
| $Q_1$ = | — 509 | — 775 | — 515 | | |
| $B_2$ = | 99,8 | 133 | 171 | | |
| $C_2$ = | — 165 | — 13,8 | + 21,7 | | |
| $Q_2$ = | + 11200 | + 4050 | + 913 | | |

On voit tout d'abord par ces résultats que, dès que $b$ dépasse sensiblement 105, on aboutit à des valeurs imaginaires pour la partie solide du pendule. De plus, des six pendules calculés (à valeurs réelles) un seul est réalisable, car pour un seul C et Q sont simultanément positifs. Il en résulte que $b$ ne peut varier que dans d'étroites limites pour

une valeur donnée de $a$. On a une représentation meilleure de ces résultats si on les groupe selon la longueur B du pendule :

| | $b$ | B | C | Q |
|---|---|---|---|---|
| | 90 | 471 | + 4,90 | — 509 |
| I | 100 | 305 | + 14,0 | — 775 |
| | 105 | 227 | + 22,9 | — 515 |
| | 105 | 171 | + 21,7 | + 913 |
| II | 100 | 133 | — 13,8 | + 4050 |
| | 90 | 100 | — 16,5 | + 11 200 |

On voit bien par ce tableau que $b$ doit rester très près de 105 si l'on veut obtenir un pendule réalisable, car dès que $b$ dépasse un peu cette valeur, on obtient des résultats imaginaires ; et d'autre part, dès que $b$ est sensiblement inférieur à 105, soit Q, soit C devient négatif.

De plus, par ce tableau, un résultat que nous avions déjà établi précédemment se trouve confirmé, à savoir que, toutes conditions étant égales d'ailleurs, c'est le pendule réduit à un seul point matériel qui est le plus court. On voit en effet que si B diminue à partir de la valeur 171 correspondante à $b = 105$, on continue à obtenir des valeurs positives pour C et Q jusqu'au moment où $C = 0$, c'est-à-dire jusqu'au moment où le pendule se réduit à la masse Q. Ce cas tout spécial et tout théorique nous donnerait ici pour le pendule une longueur minimum d'environ 140. Mais en pratique, C doit avoir une valeur appréciable, et on ne pourrait guère descendre au-dessous de $C = 20$ environ, correspondant à $b = 105$ et à $B = 170$. Donc en pratique, un pendule doublement compensé du type que nous étudions actuellement sera encore trop long. La différence entre ces deux longueurs nous montre en outre que, dans les cas précédemment étudiés, où le minimum théorique était de plus de 2 m., le minimum pratique eût sans doute été de $2\,{}^1/_2$ m. ou 3 m.

Par le type que nous venons de considérer, nous nous sommes rapprochés de la solution, mais nous ne l'avons pas encore atteinte. On diminuerait sans doute encore un peu la longueur totale si l'on prenait $a = 5$ au lieu de $a = 10$, et en faisant subir à $b$ une augmentation correspondante ; mais le gain réalisé de cette façon ne serait probablement pas très considérable. Un pendule ainsi construit serait donc encore trop long ; il aurait de plus, comme le précédent, le désavantage de nécessiter trop de mercure (et bien inutilement, comme nous allons le voir). Tout cela provient de ce que, dans ce type, comme nous l'avons dit déjà, le mercure est trop rap-

proché du milieu du pendule, ce qui diminue son pouvoir compensateur. Le seul moyen d'obvier à cet inconvénient, si l'on ne veut pas faire monter le mercure au-dessus de la suspension, c'est d'en concentrer une partie en un point, au sommet de la colonne. Ce cas a été examiné comme cinquième cas spécial.

J'ai entrepris le calcul approximatif de quelques pendules doublement compensés de ce nouveau type. On a, ici aussi, quatre équations à satisfaire, exprimant que le pendule doit battre un temps donné, qu'il doit posséder une puissance réglante donnée (moment d'inertie), qu'il doit être compensé pour la température et qu'il doit l'être aussi pour la stratification. Ces quatre équations sont (les deux dernières sont les équations (9) du chapitre précédent et du présent chapitre) :

$$D = \frac{c}{2}(b^2 - a^2) + q\,a + S$$

$$N = \frac{c}{3}(b^3 - a^3) + q\,a^2 + J$$

$$l\,\alpha = \frac{1}{D}\left\{c\left[\frac{1}{3}(b^3 - a^3) - \frac{l}{2}(b^2 - a^2) + d\,(l - d)\,(b - a)\right] + q\left[d\,(l - d) - a\,(l - a)\right]\right\}\varepsilon$$

$$\frac{l^2}{2}\alpha = \frac{1}{D}\left(K\alpha - c\left\{\frac{1}{4}(b^4 - a^4)(\varepsilon - \alpha) - \left[\frac{l}{3}(b^3 - a^3) - \frac{d}{2}(l - d)(b^2 - a^2)\right]\right\}\varepsilon - q\,a\left\{a^2(\varepsilon - \alpha) - \left[l\,a - d\,(l - d)\right]\varepsilon\right\}\right)$$

Dans ces équations, les quantités S, J, K se rapportent à une forme absolument quelconque de la partie solide. Pour passer aux calculs numériques, il est nécessaire de spécialiser cette forme de façon simple. Nous supposerons donc que la partie solide consiste en une ligne matérielle partant du point de suspension, de longueur B et de densité C, et en un point matériel de masse Q situé à la distance F de la suspension. On a alors :

$$S = \frac{C}{2}B^2 + Q\,F$$

$$J = \frac{C}{3}B^3 + Q\,F^2$$

$$K = \frac{C}{4}B^4 + Q\,F^3$$

En introduisant ces valeurs dans le système d'équations précédent, et en les ordonnant de façon un peu différente, on obtient $\left(\text{en remarquant encore que } l = \frac{N}{D}\right)$:

$$c\left[\frac{1}{3}(b^3 - a^3) - \frac{l}{2}(b^2 - a^2) + d(l-d)(b-a)\right]\varepsilon$$

$$+ q\left[d(l-d) - a(l-a)\right]\varepsilon = D\,l\,\alpha - c\left\{\frac{1}{4}(b^4 - a^4)(\varepsilon - \alpha)\right.$$

$$-\left[\frac{l}{3}(b^3 - a^3) - \frac{d}{2}(l-d)(b^2 - a^2)\right]\varepsilon\Big\} - q\,a\Big\}\,a^2(\varepsilon - \alpha)$$

$$-\left[l\,a - d(l-d)\right]\varepsilon\Big\} + \frac{C}{4}B^4\alpha + QF^3\alpha = \frac{l\,N}{2}\alpha$$

$$\frac{c}{2}(b^2 - a^2) + q\,a + \frac{C}{2}B^2 + QF = D$$

$$\frac{c}{3}(b^3 - a^3) + q\,a^2 + \frac{C}{3}B^3 + QF^2 = N$$

Puisqu'il y a seulement quatre équations à satisfaire, on peut choisir toutes les quantités à volonté, sauf quatre d'entre elles qu'on prendra comme inconnues, et dont on obtiendra la valeur en résolvant ce système d'équations. Pour la commodité du calcul, il semble préférable de choisir les masses et les densités, c'est-à-dire $c$, $q$, C, Q comme inconnues, car le système est linéaire par rapport à ces quantités.

J'ai donné à D, N, $l$ et $d$ les valeurs suivantes qui, plus encore que celles du cas précédent, seraient directement utilisables pour un pendule à secondes:

$$D = 500\,000 \qquad N = 50\,000\,000 \qquad l = \frac{N}{D} = 100 \qquad d = \frac{l}{2} = 50$$

J'ai calculé ensuite les coefficients de ce système d'équations pour quelques valeurs de $a$, $b$, B et F. Voici, à titre d'exemple, les équations auxquelles on aboutit lorsqu'on prend $a = 5$, $b = B = 120$, $F = 115$:

$$\begin{array}{rrrrl}
21{,}04\,c & +\ 0{,}300\,q & & & = 550 \\
-1\,236\,c & -\ 1{,}497\,q & +\ 570\,C & +\ 16{,}73\,Q & = 27\,500 \\
7\,190\,c & +\ 5\,q & +\ 7\,200\,C & +\ 115\,Q & = 500\,000 \\
576\,000\,c & +\ 25\,q & +\ 576\,000\,C & +\ 13\,225\,Q & = 50\,000\,000
\end{array}$$

La résolution approximative de ce système donne :

$$c = 16{,}75 \qquad q = 660 \qquad C = 11{,}72 \qquad Q = 2540$$

Ces calculs ont été répétés pour trois autres cas ; voici les résultats obtenus :

| | | 1er cas | 2me cas | 3me cas | 4me cas |
|---|---|---|---|---|---|
| Données : | $a$ | 10 | 10 | 10 | 5 |
| | $b$ | 120 | 120 | 115 | 120 |
| | B | 120 | 120 | 115 | 120 |
| | F | 110 | 115 | 115 | 115 |
| Inconnues : | $c$ | 15,7 | 16,4 | 21,1 | 16,75 |
| | $q$ | 989 | 951 | 822 | 660 |
| | C | 3,33 | 9,78 | 5,61 | 11,72 |
| | Q | 3215 | 2630 | 2750 | 2540 |
| Masse du mercure $= c(b-a)+q$ | | 2720 | 2760 | 3040 | 2590 |
| Masse de la partie solide $=$ CB $+$ Q | | 3610 | 3800 | 3390 | 3940 |
| Masse totale = . . . . . | | 6330 | 6560 | 6430 | 6530 |
| Rayon de la colonne de mercure . | | 0,61 | 0,62 | 0,70 | 0.62 |
| Rayon extérieur du tube . . . . | | 0,71 | 0,88 | 0,85 | 0,93 |
| Epaisseur du tube. . . . . | | 0,10 | 0,26 | 0,15 | 0,31 |

J'ai fait figurer au tableau, à côté des inconnues elles-mêmes, des résultats qui s'en déduisent immédiatement : la masse du mercure, la masse de la partie solide et la masse totale du pendule. J'ai ensuite supposé que la ligne matérielle solide est réalisée par un tube d'acier destiné à contenir sur une partie de sa longueur la colonne de mercure. Le rayon intérieur de ce tube est donc fourni par la densité $c$ de la ligne de mercure ; son rayon extérieur s'en déduit alors facilement en considérant la densité C de la ligne solide.

De ces quatre modèles, le dernier est certainement préférable pour deux raisons : tout d'abord parce que c'est celui qui exige le moins de mercure, ensuite et surtout parce que l'épaisseur obtenue pour la paroi du tube est la plus forte. Les quatre cas d'ailleurs paraissent tous facilement réalisables ; mais il y aurait lieu, si on voulait construire un tel pendule, de se rapprocher le plus possible du quatrième cas. J'ai calculé encore, pour ce quatrième cas, le rayon qu'aurait le réservoir de mercure du sommet de la colonne, si on le sup-

pose de forme sphérique, et j'ai obtenu $2^{cm},26$. Quant à la lentille, représentée par un point matériel Q, elle aurait, supposée sphérique elle aussi et en acier, un rayon de $4^{cm},27$. (Voir fig. 8.)

Le problème du calcul d'un pendule à mercure doublement compensé est ainsi résolu.

S'il s'agissait de construire un tel pendule, on choisirait un tube d'acier se rapprochant le plus possible comme dimensions du type qu'on aurait choisi; la valeur de $c$ serait par là même déterminée; on devrait alors choisir une autre inconnue au lieu de cette quantité, par exemple la distance de la lentille à la suspension F, et on procéderait à la résolution du système des quatre équations de condition. On construirait ensuite le pendule en réservant les dimensions exactes de la lentille. Elles seraient fixées après coup, de façon que le pendule soit exactement compensé pour la température, d'après la méthode que nous avons indiquée plus haut (p. 239). La compensation de stratification sera suffisamment approchée, alors même qu'on a négligé, par exemple, la masse de la paroi du vase de mercure au haut de la colonne, ainsi que celle d'autres détails du pendule: pour la stratification, comme nous l'avons déjà vu, une approximation très grossière suffit.

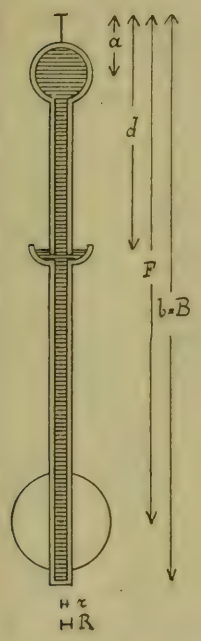



*Fig. 8.*
Schéma d'un pendule à mercure doublement compensé.

Si l'on admettait que le pendule puisse être prolongé au-dessus de sa suspension (ce qui semble très facilement réalisable) on pourrait encore construire des pendules doublement compensés d'un type un peu différent: on pourrait éloigner davantage le mercure du milieu du pendule, ce qui permettrait d'éviter le réservoir à mercure au haut de la colonne, c'est-à-dire d'en rester à la forme cylindrique, plus simple. Mais il faudrait alors séparer le mercure en deux colonnes distinctes, pour qu'il reste toujours, au haut de la colonne supérieure, un excès de pression suffisant. On pourrait, par exemple, admettre pour la hauteur de la colonne supérieure 50 cm. Si l'on veut placer cette colonne de la façon la plus avantageuse, il faut réaliser la condition du minimum de mercure. La distance séparant l'extrémité inférieure de la colonne du milieu du pendule doit être égale au tiers de la hauteur de la colonne, soit à 17 cm. environ.

La colonne dépasserait alors d'autant la suspension. On disposerait à la partie inférieure une deuxième colonne exactement symétrique par rapport au milieu du pendule.

Les autres éléments du pendule se calculeraient ensuite très facilement de la manière suivante: On se donnerait encore la longueur de la partie solide, qui devrait pouvoir contenir ces deux colonnes de mercure, c'est-à-dire avoir 117 cm. au-dessous de la suspension et 17 au-dessus. Les quatre équations de condition permettraient alors de calculer d'une façon analogue aux précédentes les quantités *c*, C, Q et F.

Les formules seraient légèrement plus compliquées que précédemment, tout d'abord parce qu'on a deux colonnes de mercure au lieu d'une, ensuite parce que les équations ne sont pas linéaires par rapport à F. Mais la résolution numérique approximative d'un tel système d'équations ne présente aucune difficulté.

Un pendule de ce type serait sans aucun doute parfaitement réalisable. Il serait plus avantageux que le modèle précédemment décrit, parce que de forme plus simple. La construction d'une horloge munie d'un tel pendule ne manquerait pas d'intérêt. Mais s'il s'agit simplement de substituer, dans une horloge existante, un pendule à mercure doublement compensé à n'importe quel autre pendule, on pourra, sans modifier la suspension, adopter la première forme de pendules doublement compensés.

On voit qu'ainsi la question se trouve résolue de façon à satisfaire à tous les besoins.

---

# CHAPITRE IV

## Influence de l'air ambiant sur la compensation thermique d'un pendule.

### 1. Introduction.

L'influence de l'air ambiant sur la marche du pendule est connue depuis plus d'un siècle et demi; elle a été l'objet d'un très grand nombre de travaux tant théoriques qu'expérimentaux: Les astronomes ont déterminé pour leurs horloges le coefficient barométrique, c'est-à-dire la variation de la marche diurne correspondant à une variation de pression de 1 mm.; les géodésiens ont déterminé pour leurs pendules une constante analogue, celle de la réduction au vide; enfin, les physiciens ont abordé l'étude théorique du problème et résolu celui-ci pour les formes les plus simples de pendule; leurs résultats s'accordent avec ceux de l'expérience.

Il n'est évidemment pas possible de reprendre ici toute cette vaste question, ni même d'en résumer les résultats obtenus; cela sortirait d'ailleurs du cadre de cette étude. Je me borne donc à rappeler que l'effet du milieu ambiant sur le mouvement d'un pendule est double: 1° l'amplitude est progressivement diminuée; 2° la durée d'une oscillation pour une amplitude donnée est augmentée. Ce second effet est le seul qui nous intéresse ici, puisque dans les horloges le mécanisme maintient l'amplitude à peu près constante.

L'augmentation de la durée d'oscillation d'un pendule peut être considérée comme proportionnelle à l'augmentation de la pression atmosphérique, car, en un même endroit, les variations de cette pression sont faibles. Mais il faut noter que ce n'est pas la variation de pression comme telle qui produit un changement dans la durée d'oscillation, mais bien la variation de densité qui en résulte. En d'autres termes, la pression du milieu ambiant paraît être sans influence appréciable sur la durée d'oscillation d'un pendule; cette durée d'oscillation dépend seulement de la densité du milieu ambiant[1].

[1] Les travaux classiques sur cette question ont été réunis par C. Wolf: « Mémoires sur le pendule. »

On trouve un bon résumé des résultats dans l'*Encyclopédie des sciences mathématiques*, édition allemande, Bd. IV II, 7, article de Ph. Furtwangler.

Mais alors, la variation de température du milieu ambiant aura aussi quelque effet sur la durée d'oscillation, puisqu'elle entraîne, elle aussi, une variation de densité. Le milieu ambiant doit donc avoir une influence sur la compensation thermique, et nous devrons modifier les résultats obtenus jusqu'ici. C'est à ce titre, et à ce titre seulement, que nous avons à nous en occuper ici.

Il semble qu'on n'a jamais, jusqu'ici, tenu compte de cette influence dans le calcul de pendules compensés au mercure, et bien rarement pour d'autres types de pendules[1], et cependant, comme nous allons voir, cet effet est très appréciable.

Voici comment on peut en obtenir une première approximation à partir du coefficient barométrique du pendule :

La densité $\delta$ de l'air est une fonction de la pression $p$ et de la température absolue T, de la forme $\delta = \frac{p}{T}$, si l'on suppose la pression exprimée en atmosphères, et la température absolue en unités $273 + 15 = 288$ fois plus grandes que le degré centigrade, et si l'on prend pour unité de densité celle de l'air à la pression 1 (= 760 mm.) et à la température absolue 1 (= 15° C).

On en déduit les relations suivantes entre les variations correspondantes de ces quantités :

$$d\delta = dp \qquad d\delta = -dT$$

Mais si on change d'unités et qu'on prenne pour évaluer $dp$ le millimètre de mercure, et pour $dT$ le degré centigrade, ces formules deviennent :

$$d\delta = \frac{1}{760} dp \qquad d\delta = -\frac{1}{288} dT$$

Il en résulte qu'un changement de pression $dp$ et un changement de température $dT$ produiront exactement le même

[1] M. W.-A. Nippoldt a tenu compte de cet effet de l'air ambiant dans le calcul de sa nouvelle compensation, en se basant uniquement sur les recherches de Bessel : W.-A. Nippoldt, « Ein neues für Temperatur- und Luftdruckschwankungen kompensiertes Pendel », *Zeitschr. f. Instrumentenkunde*, 1889, p. 197. De son côté, M. Ch.-Ed. Guillaume a calculé cet effet pour les pendules d'acier nickel, mais en tenant seulement compte de l'effet de la variation de la poussée de l'air. Nous verrons que ce n'est guère que la moitié de l'effet total. Voir : Ch.-Ed. Guillaume, « L'action de l'air sur la compensation du pendule », *Journ. suisse d'horl.*, XXIX, p. 109, 1904.

changement de densité (et par conséquent le même changement de marche) pourvu qu'ils soient liés par la relation :

$$\frac{1}{760} dp = -\frac{1}{288} dT$$

d'où :

$$dT = -\frac{288}{760} dp$$

En particulier, une augmentation de pression de 1 mm. produira sur la densité, donc sur la marche, le même effet qu'une variation de température de $-\frac{288}{760} = -0^{\circ},379$. Si nous appelons $b$ le coefficient barométrique d'un pendule (correction à apporter à la marche diurne quand la pression augmente de 1 mm.), nous aurons donc comme coefficient thermique $\theta$ résultant (correction à apporter à la marche diurne quand la température de l'air augmente de $1^{\circ}$) :

$$\theta = -\frac{b}{0,379} = -2,64b$$

En admettant, par exemple, un coefficient barométrique de $0^{s},014$ pour les pendules cylindriques, et de $0^{s},012$ pour les pendules aplatis, on obtient pour ces deux cas :

$$\theta_1 = -0^{s},037 \qquad \theta_2 = -0^{s},032$$

Ces modifications du coefficient thermiques sont loin d'être négligeables. Il résulterait donc de ce premier calcul que l'effet de l'air ambiant est de compenser environ $^1/_{12}$ ou $^1/_{14}$ de la dilatation de la tige ; de sorte qu'un pendule parfaitement compensé pour le vide serait surcompensé dans l'atmosphère et qu'on devrait lui enlever environ $^1/_{12}$ ou $^1/_{14}$ de son mercure.

Mais en réalité, comme nous allons le voir au paragraphe suivant, le phénomène n'est pas tout à fait aussi simple : c'est que le ralentissement de marche d'un pendule dans l'atmosphère ne dépend pas seulement de la densité, mais aussi du coefficient de frottement intérieur ou de viscosité de l'air, et que ce coefficient est lui aussi fonction de la température. Nous verrons que l'effet de la température sur la viscosité de

l'air est opposé à celui de la température sur la densité et en compense une faible partie. L'effet total de la température est donc un peu moindre que celui mentionné ci-dessus.

Avant de passer à une étude plus complète de toute cette question, notons encore une conséquence inattendue de ce qui précède[1] : c'est qu'un pendule exactement compensé à l'air libre ne le sera plus sous pression constante; car le terme « pression constante » signifie en réalité densité constante; les variations de température de l'air ne produisent donc plus de variations de densité, ni de marche, et il ne reste plus que l'effet de la variation du frottement intérieur avec la température, variation qui est donc de sens contraire.

## 2. Données théoriques.

Il résulte des études théoriques de Stokes que l'effet d'un gaz ambiant sur la durée d'oscillation d'une sphère est de la forme :

$$A\delta + B\sqrt{\eta\delta}$$

$\delta$ étant la densité du gaz, $\eta$ son coefficient de frottement intérieur, A et B des constantes dépendant de la dimension, de la masse et de la position de la sphère.

Pour des formes autres que la sphère, le problème n'a pas été jusqu'ici entièrement résolu. On obtient pour le cylindre une série dont les termes prépondérants sont exactement de la forme ci-dessus. Il était assez naturel d'en déduire qu'en pratique on pourrait très probablement employer une formule pareille pour des formes de pendule assez diverses.

Les expériences faites par Peirce[2], Defforges[3], Kühnen et Furtwängler[4] sur huit pendules à réversion différents, dans leurs deux positions, soit en tout seize pendules distincts, ont montré qu'en effet cette formule représente fort bien l'action de l'air ambiant sur la durée d'oscillation.

[1] Conséquence déjà signalée par M. Ch.-Ed. Guillaume, *loc. cit.*

[2] Peirce. « Methods and results of measurements of gravity at initial stations in America and Europa. » U. S. Survey, 1876, App. 15.

[3] Defforges. « Observations du pendule. » *Mémorial du dépôt général de la guerre*, t. XV, 1894, p. 56.

[4] F. Kuhnen et Ph. Furtwangler. « Bestimmung der absoluten Grösse der Schwerkraft zu Potsdam mit Reversionspendeln. » *Ver. Preuss. Geod. Inst.*, 1906, p. 253.

Faute d'autres renseignements, nous admettons que cette formule s'applique aussi aux diverses formes de pendules utilisées dans les horloges astronomiques.

Si l'on suppose que, dans cette formule, on a donné aux constantes A et B des valeurs telles que la densité $\delta$ et le coefficient de frottement $\eta$ soient dans les conditions normales désignés tous deux par l'unité, on en déduit pour la variation de marche produite par des variations de densité ou de coefficient de frottement une expression de la forme :

$$dm = \left(A + \frac{1}{2} B\right) d\delta + \frac{1}{2} B\, d\eta$$

Cette formule linéaire est bien suffisante tant qu'on ne s'écarte pas trop de la pression normale et de la température moyenne adoptée.

Il reste à exprimer $d\delta$ et $d\eta$ en fonction de la variation de la température de l'air $d$T.

On admet aujourd'hui (les théories et les expériences les plus récentes sont d'accord sur ce point[1]) que le coefficient de frottement intérieur d'un gaz est donné par la formule :

$$\eta = a \frac{\sqrt{T}}{1 + c/T}$$

où T est la température absolue, et $a$ et $c$ des constantes particulières au gaz. Pour l'air atmosphérique, on a en particulier $c = 114$.

Supposons qu'on prenne pour unité de température absolue, non pas le degré centigrade, mais l'intervalle de 288°. Cette formule deviendra :

$$\eta = a\sqrt{288}\, \frac{\sqrt{T}}{1 + \frac{c}{288\,T}} = a' \frac{T^{3/2}}{T + c'}$$

si on pose :

$$a\sqrt{288} = a' \quad \text{et} \quad \frac{c}{288} = \frac{114}{288} = c'$$

[1] Voir par exemple WINKELMANN, *Handb. d. Phys.*, p. 1379, article de GRAEF : « Reibung der Gase ».

Si, de plus, on décide de prendre pour unité de $\eta$ le coefficient de frottement de l'air à l'état normal, c'est-à-dire à $T=1$, notre formule deviendra :

$$\eta=(1+c')\frac{T^{3/2}}{T+c'}$$

On en tire la relation cherchée :

$$d\eta=(1+c')\frac{{}^{3}/_{2}(1+c')-1}{(1+c')^2}\,dT=\left(\frac{3}{2}-\frac{1}{1+c'}\right)dT$$

Nous avions pour l'air

$$c'=\frac{114}{288},\quad \text{donc}\quad \frac{1}{1+c'}=\frac{288}{402}$$

d'où enfin :

$$d\eta=0{,}784\,dT$$

Quant à la variation de densité $d\delta$, il est évident qu'elle est nulle dans un récipient hermétiquement clos, c'est-à-dire pour les pendules sous pression constante. Ce qui va suivre ne s'applique donc qu'aux pendules oscillant dans l'air ambiant libre. On a alors :

$$\delta=\frac{p}{T}$$

d'où, si les unités sont convenablement choisies :

$$d\delta=dp-dT$$

En réunissant ce résultat au précédent, on obtient :

1° Pour les pendules oscillant à l'air libre :

$$dm=\left(A+\frac{1}{2}B\right)dp-\left(A+0{,}216\frac{B}{2}\right)dT$$

2° Pour les pendules sous pression constante :

$$dm=0{,}784\frac{B}{2}\,dT$$

Ces deux formules s'appliquent naturellement à des états voisins de l'état normal. Le résultat de la dernière devra donc être modifié si la pression constante est sensiblement différente d'une atmosphère. On voit facilement qu'il faudrait simplement multiplier le chiffre obtenu par $\sqrt{\delta} = \sqrt{p}$.

Par les deux formules précédentes, le problème est ramené à la détermination des coefficients A et B de la formule de réduction au vide.

### 3. Evaluation du premier coefficient, A.

La détermination théorique des coefficients A et B d'un pendule n'a été faite, à ma connaissance, qu'une seule fois, par Peirce, pour les deux positions de son pendule à réversion. Je m'en vais refaire exactement le même calcul pour deux pendules d'horloges choisis comme types des deux catégories qu'il faut nécessairement distinguer ici : les pendules à vase cylindrique ou pendules à mercure ordinaires, et les pendules à lentille aplatie, tel le pendule à mercure de Riefler. Au point de vue de l'influence de l'air, les pendules à gril peuvent vraisemblablement rentrer aussi dans cette dernière catégorie.

Je choisis comme types les deux pendules à mercure que M. Wanach a étudiés dans son travail, et qui sont les formes un peu simplifiées et schématisées de deux pendules existants. Nous en avons donné les dimensions et les densités à la note 1 de la page 20 du présent travail. Ajoutons que nous prendrons pour la densité de l'air à la pression d'une atmosphère et à la température de 15° le chiffre admis par Peirce : 0,001 206 obtenu en supposant que l'air contient une quantité de vapeur d'eau un peu moindre que la moitié de la saturation. Le mémoire de Peirce n'étant pas facilement accessible à chacun, je vais transcrire ici tous les détails de mon calcul.

Peirce rappelle que l'air ambiant retarde l'oscillation d'un pendule pour quatre causes :

1° La poussée de l'air déplacé (diminution du moment statique).

2° L'air enfermé dans les parties creuses (augmentation du moment d'inertie).

3° L'effet hydrodynamique (air entraîné à l'extérieur du pendule et augmentant, lui aussi, le moment d'inertie).

4° L'effet de la viscosité ou frottement intérieur de l'air.

Le premier terme de la réduction au vide, c'est-à-dire la constante A dépend des trois premières causes. Le deuxième terme et sa constante B sont dus uniquement à la quatrième cause.

On suppose que les parties creuses, s'il y en a, communiquent avec l'air extérieur. Si elles étaient hermétiquement closes, il faudrait considérer l'air y enfermé comme faisant complètement partie du pendule, et tenir alors compte de la poussée correspondante à cet espace; tandis que lorsque les parties creuses communiquent avec l'extérieur, il faut simplement tenir compte de l'air y contenu, qui est entraîné avec le pendule.

1. *Poussée.* — Pour 1 mm. d'augmentation de la pression, l'effet de la poussée augmente de :

$$a_1 = \frac{1}{2} C \frac{\text{moment statique de l'air déplacé}}{\text{moment statique du pendule}}$$

Dans cette formule, ainsi que dans les suivantes, $\frac{1}{2}$ provient de la différentiation par laquelle on obtient une formule linéaire à partir de la formule exacte contenant une racine carrée : $t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, et $C = \frac{86\,400}{760}$ est une constante nécessaire pour passer de l'effet sur une oscillation à l'effet sur la marche d'un jour entier, d'une part, et d'autre part pour réduire l'effet produit par toute l'atmosphère à celui produit par 1 mm. de pression.

On a pour les deux pendules considérés :

$$a_1 = \frac{C}{2} \frac{\pi[0{,}4^2 \times 85 \times 45{,}6 + (2{,}7^2 - 2{,}5^2)20 \times 98{,}1 + 2{,}5^2 \times 17{,}41 \times 99{,}4]0{,}001\,206}{\pi\{[0{,}4^2 \times 85 \times 45{,}6 + (2{,}7^2 - 2{,}5^2)20 \times 98{,}1]7{,}8 + [2{,}5^2 \times 17{,}41 \times 99{,}4]13{,}60\}}$$
$$= 0{,}005\,5_2 \text{ (pendule ordinaire)}$$

$$a_1 = \frac{C}{2} \frac{\pi[(0{,}9^2 - 0{,}8^2)122 \times 65 + (4{,}83^2 - 0{,}9^2)5{,}8 \times 104{,}1 + 0{,}8^2 \times 76 \times 88]0{,}001\,206}{\pi\{[(0{,}9^2 - 0{,}8^2)122 \times 65 + (4{,}83^2 - 0{,}9^2)5{,}8 \times 104{,}1]7{,}8 + [0{,}8^2 \times 76 \times 88]13{,}60\}}$$
$$= 0{,}007\,5_6 \text{ (pendule Riefler)}$$

2. *Air enfermé.* — L'effet de cet air enfermé sur la marche diurne, pour une variation de pression de 1 mm., est de :

$$a_2 = \frac{1}{2} C \frac{\text{moment d'inertie de l'air enfermé}}{\text{moment d'inertie du pendule}}$$

Les moments d'inertie figurant ici au dénominateur s'obtiennent le plus facilement en multipliant les moments statiques des dénominateurs des formules précédentes, à savoir, 1 053 000 et 1 098 000, par la longueur du pendule simple battant la seconde : 99,4. On obtient ainsi : 104 700 000 et 109 100 000.

Pour calculer le moment d'inertie des cylindres d'air, il faut d'abord connaître leur rayon de gyration. Pour celui du pendule ordinaire, on peut simplement prendre 90. Quant à celui $d$ du pendule Riefler, on le calcule d'après la formule connue :

$$d^2 = E^2 + \frac{1}{4}\left(R^2 + \frac{L^2}{3}\right) = 27^2 + \frac{1}{4}\left(0,8^2 + \frac{46^2}{3}\right) = 905$$

En introduisant ces valeurs on a :

Pendule ordin. $$a^2 = \frac{1}{2} C \frac{\pi 2,5^2 \times 2,59 \times 90^2 \times 0,001\,206}{104\,700\,000} = 0,000\,5_4$$

Pendule Riefler $$a^2 = \frac{1}{2} C \frac{\pi 0,8^2 \times 46 \times 905 \times 0,001\,206}{109\,100\,000} = 0,000\,0_7$$

3. *Effet hydrodynamique ou air extérieur entraîné.* — Peirce se base ici sur les résultats obtenus par Green, en considérant les cylindres comme des cas spéciaux d'ellipsoïdes. Il obtient ainsi que, pour un cylindre notablement plus long que large et oscillant suivant un méridien, la quantité d'air entraîné extérieurement est égale à l'air déplacé. Pour des cylindres courts, il y a lieu de modifier cette formule par l'introduction d'un coefficient convenable.

Appliquons d'abord ce résultat aux deux tiges. Nous aurons :

$$a'_3 = \frac{1}{2} C \frac{\text{moment d'inertie de l'air déplacé}}{\text{moment d'inertie du pendule}}$$

On a d'abord, pour les carrés des rayons de gyration des volumes cylindriques d'air déplacé :

$$\text{Pendule ordinaire} \quad . \quad 45{,}6^2 + \frac{1}{4}\left(0{,}4^2 + \frac{85^2}{3}\right) = 2680$$

$$\text{Pendule Riefler} \quad . \quad . \quad 65^2 + \frac{1}{4}\left(0{,}9^2 + \frac{122^2}{3}\right) = 5470$$

d'où ensuite :

$$\text{Pend. ordin.} \quad a'_3 = \frac{1}{2}\,C\,\frac{\pi \cdot 0{,}4^2 \times 85 \times 0{,}001\,206 \times 2680}{104\,700\,000} = 0{,}000\,1_5$$

$$\text{Pend. Riefl.} \quad a'_3 = \frac{1}{2}\,C\,\frac{\pi \cdot 0{,}9^2 \times 122 \times 0{,}001\,206 \times 5470}{109\,100\,000} = 0{,}002\,1_4$$

Le vase cylindrique du pendule ordinaire est assez allongé pour qu'on puisse lui appliquer exactement la même formule. On a pour son rayon de gyration :

$$98{,}1^2 + \frac{1}{4}\left(2{,}7^2 + \frac{20^2}{3}\right) = 9650,$$

d'où :

$$\text{Pend. ordin.} \quad a''_3 = \frac{1}{2}\,C\,\frac{\pi \cdot 2{,}7^2 \times 20 \times 0{,}001\,206 \times 9650}{104\,700\,000} = 0{,}005\,8_0$$

Quant à la lentille du pendule Riefler, il faut remarquer qu'elle n'a pas la forme indiquée sur le dessin, mais qu'elle est taillée en biseau, ou plutôt formée de deux troncs de cônes très aplatis et accolés par leurs grandes bases. De cette façon elle coupe l'air et en entraîne fort peu. Il est extrêmement difficile d'exprimer par une formule la quantité d'air entraîné par une telle forme ; on peut cependant déduire des remarques de Peirce que l'effet sera très faible et ne dépassera probablement pas celui de la partie correspondante de la tige. Nous n'avons donc rien à ajouter à l'effet de l'air entraîné par la tige entière, tel que nous l'avons calculé ci-dessus. Il en serait d'ailleurs de même si on avait affaire à une lentille aplatie placée verticalement, comme c'est le cas dans d'autres pendules de Riefler et dans presque tous les pendules à gril.

L'effet total de l'air entraîné, pour ces deux pendules, est donc :

| | | |
|---|---|---|
| Pendule ordinaire. . | $a_3 = a_3' + a_3''$ | $= 0{,}0059_5$ |
| Pendule Riefler . . | $a_3 = a_3'$ | $= 0{,}0021_4$ |

Nous avons ainsi évalué successivement toutes les parties du coefficient A.

### 4. Evaluation du second coefficient, B.

Dans l'état actuel de la théorie, l'évaluation *a priori* de l'effet de la viscosité de l'air sur la marche d'un pendule serait très malaisée; c'est pourquoi Peirce ne l'a même pas tentée. Il a réussi cependant à évaluer ce coefficient B en se basant sur un résultat remarquable des recherches de Stokes, à savoir que cette constante B se retrouve aussi comme coefficient d'un terme analogue, en $\sqrt{\eta\delta}$, dans la partie linéaire du décrément d'un pendule. Peirce a donc pu, des observations de diminution progressive d'amplitude de son pendule, déduire ainsi indirectement ce coefficient B de la formule de réduction au vide.

Pour un pendule d'horloge, une telle détermination ne serait pas aussi aisée, car l'effet du ressort de suspension ne manquerait pas de se mêler à celui de l'air ambiant. Pour séparer ces deux effets, il faudrait faire des observations comparatives du décrément sous la pression ordinaire et dans le vide; il faudrait donc avoir à sa disposition une horloge sous cloche, et l'employer à toute une série d'expériences. Je n'étais pas en situation d'entreprendre une telle recherche, et comme toute cette question est un peu accessoire dans le présent travail, je me suis borné à évaluer plus ou moins exactement ce coefficient B, en me basant sur quelques analogies.

J'ai déjà dit plus haut que les coefficients A et B ont été déterminés expérimentalement pour les deux positions de huit pendules à réversion; voici les chiffres obtenus :

## Constantes de quelques pendules à réversion

| Auteurs | Désignation du pendule | Position | Poids | Distance au centre de gravité | Longueur du pendule simple synchrome | A 0,00 | $\frac{1}{2}$ B 0,000 | $\frac{1}{2}$ B/A | 1,44 × $\frac{1}{2}$ B/A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peirce | Pendule américain | B | 6,3kg | 70cm | 100cm | 0 287 9 | 024 8 | 0,09 | 0,13 |
| | | H | » | 30 | » | 0 649 3 | 063 3 | 0,10 | 0,14 |
| Defforges | Pendule français long | B | 5,2 | 60 | 100 | 0 206 0 | 035 4 | 0,17* | — |
| | | H | » | 40 | » | 0 313 4 | 053 6 | 0,17* | — |
| » | Pendule français court | B | 5,2 | 30 | 50 | 0 126 1 | 022 2 | 0,18* | — |
| | | H | » | 20 | » | 0 192 3 | 033 9 | 0,18* | — |
| Kühnen & Fürtwängler | Pend. à sec. de l'Institut géod. prussien | B | 5,6 | 69 | 100 | 0 309 7 | 035 5 | 0,11 | 0,16 |
| | | H | » | 31 | » | 0 702 6 | 074 6 | 0,11 | 0,16 |
| » | Pendule italien | B | 5,9 | 69 | 100 | 0 300 8 | 031 3 | 0,10 | 0,14 |
| | | H | » | 31 | » | 0 669 0 | 073 8 | 0,11 | 0,16 |
| » | Pendule autrichien lourd | B | 6,2 | 71 | 100 | 0 282 1 | 026 8 | 0,09 | 0,13 |
| | | H | » | 29 | » | 0 693 0 | 073 1 | 0,11 | 0,16 |
| » | Pendule autrichien léger | B | 2,9 | 70 | 100 | 0 445 9 | 051 8 | 0,12 | 0,17 |
| | | H | » | 30 | » | 1 014 7 | 125 3 | 0,12 | 0,17 |
| » | Pendule à demi-seconde | B | 3,5 | 16 | 25 | 0 155 7 | 016 6 | 0,11 | 0,16 |
| | | H | » | 9 | » | 0 287 5 | 033 6 | 0,12 | 0,17 |
| | | Moyenne des * . . . . . | | | | | | 0,175 | |
| | | Moyenne des autres valeurs . . . . . | | | | | | 0,107 | 0,154 |
| | | Moyenne générale des * et des 1,44 × $\frac{1}{2}$ B/A . . | | | | | | | 0,159 |

A la troisième colonne, les lettres B et H marquent la position du pendule : B = poids en bas, H = poids en haut. Les trois colonnes suivantes donnent les caractéristiques essentielles de ces divers pendules.

Mais ce sont les valeurs de A et de $\frac{1}{2}$B qui nous intéressent plus spécialement. (Notons que nous avons pris pour le pendule Peirce la moyenne des valeurs théoriques et des valeurs expérimentales que cet auteur indique.) A et $\frac{1}{2}$B sont exprimés en fraction d'oscillation et correspondent à une atmosphère entière, sauf pour le pendule à $^1/_2$ seconde, dont les coefficients sont déjà réduits à la seconde entière. Si l'on voulait déduire de ces valeurs de A et de $\frac{1}{2}$B les parties correspondantes du coefficient barométrique, il faudrait donc les multiplier par le nombre de secondes par jour, et les diviser par 760. Defforges donne les valeurs de A et de $\frac{1}{2}$B en d'autres unités ; nous les avons donc transformées pour faciliter la comparaison ; tandis que les constantes des autres pendules sont celles même données par les auteurs cités.

L'examen de ces chiffres montre que A et $\frac{1}{2}$B varient dans une large mesure, leurs valeurs extrêmes étant dans le rapport de 1 à 7 environ ; mais par contre le rapport d'un coefficient à l'autre, s'il n'est pas constant, se maintient cependant dans des limites assez étroites, ce que montre bien l'avant-dernière colonne.

On remarque toutefois que les quatre valeurs de $\frac{1}{2}$B/A (marquées d'un *) correspondant aux pendules de Defforges sont passablement isolées et très supérieures aux autres (moyenne 0,175 contre 0,107). On serait tout d'abord tenté d'attribuer ce résultat au fait que les pendules de Defforges sont d'un type spécial, avec les poids à l'intérieur du tube, tandis que tous les autres pendules sont du type de Bessel, avec les poids extérieurs au tube.

Toutefois la cause principale de cette différence est tout autre ; elle provient de ce que les valeurs de A publiées par Defforges ne sont pas celles données directement par l'expérience, mais ont déjà été corrigées de l'effet de l'air enfermé ; elles ne concernent donc plus que l'effet de poussée et l'effet de l'air extérieur entraîné. Il y a donc lieu de faire la même réduction sur les valeurs de tous les autres pendules si l'on veut les comparer utilement. Or, d'après le calcul théorique des diverses parties du coefficient A fait par Peirce pour les deux positions de son pendule, on voit que le rapport du

coefficient entier A à la partie provenant de la poussée et de l'effet hydrodynamique, est égal, dans l'une des positions, à $\frac{2693}{1874} = 1,437$, et dans l'autre position à $\frac{6181}{4285} = 1,443$, donc en moyenne égal à 1,44. Si l'on admet ce même rapport pour les autres pendules, qui sont d'ailleurs tous à peu près du même type, on voit qu'il suffit de multiplier les chiffres de l'avant-dernière colonne par 1,44 pour obtenir des valeurs comparables à celles données par Defforges. C'est ces produits qui sont inscrits dans la dernière colonne.

On voit qu'après cette correction l'accord est beaucoup meilleur; les valeurs de Defforges, alors même qu'elles restent un peu supérieures (moyenne 0,175 contre 0,154) ne sont plus isolées. En somme, l'accord de tous ces rapports est très bon; et on voit que si on prend, au lieu de l'un quelconque d'entre eux, leur valeur moyenne 0,159, l'erreur commise ne dépasse guère $^1/_6$ de la quantité.

Or la caractéristique de ces pendules à réversion est qu'ils sont tous composés de cylindres réunis; à part cela, leurs formes, leurs dimensions et leurs masses sont très diverses. On peut donc admettre avec quelque vraisemblance que pour un pendule à mercure ordinaire, également composé de parties cylindriques, ce même rapport, de valeur moyenne 0,159, sera approximativement valable; c'est-à-dire que la partie $\frac{1}{2}$B du coefficient barométrique, due à la viscosité, pourra s'obtenir sans grosse chance d'erreur en multipliant par 0,159 les parties du coefficient dues à la poussée et à l'effet hydrodynamique, c'est-à-dire $a_1 + a_3$. Or nous avions trouvé $a_1 = 0,005\,5_2$, $a_3 = 0,005\,9_5$, donc $a_1 + a_3 = 0,011\,4_7$.

On en déduit pour le coefficient de viscosité :

Pendule ordinaire . $\frac{1}{2}B = 0,011\,4_7 \times 0,159 = 0,001\,8_2$

Nous ne pouvons naturellement pas utiliser, dans le cas d'un pendule aplati, ces mêmes rapports 1,44 et 0,159 : ils ne sont sans doute plus valables pour un pendule qui n'est pas composé uniquement de cylindres : ainsi, d'après la théorie, l'effet de l'aplatissemet sera à la fois une diminution de la quantité d'air entraîné et une augmentation du frottement, d'où augmentation considérable du rapport 0,159.

Nous ne pouvons d'autre part déterminer directement ces rapports, car nous ne possédons aucune détermination des coefficients A et B pour des pendules aplatis.

Faute de déterminations directes, nous devons nous baser sur les seules données suivantes: le capitaine Basevi, dans *Survey of India*[1], a obtenu empiriquement, pour deux pendules invariables très aplatis, les formules suivantes de réduction au vide:

Pendule 4 . $$dN = 0{,}23206 \frac{p}{1 + 0{,}0023\,(t - 32^0)} + 0{,}022\sqrt{p\,(461^0 + t)} + 0{,}123 \frac{p^{3/2}}{\sqrt{461^0 + t}}$$

Pendule 1821 $$dN = 0{,}23549 \frac{p}{1 + 0{,}0023\,(t - 32^0)} + 0{,}020\sqrt{p\,(461^0 + t)} + 0{,}172 \frac{p^{3/2}}{\sqrt{461^0 + t}}$$

où $dN$ désigne la correction à apporter au nombre d'oscillations par jour, $p$ étant évalué en pouces de mercure, $t$ en degrés Fahrenheit.

Si on introduit d'autres unités et qu'on calcule plutôt l'effet sur la marche diurne (en tenant compte du fait que le pendule 4 battait en moyenne 86 080 oscillations par jour, le pendule 1821, 85 980) ces deux formules deviennent:

Pendule 4 . . . $$\Delta m = 5{,}727 \frac{p}{T} + 2{,}744\sqrt{pT} + 0{,}883 \frac{p^{3/2}}{\sqrt{T}}$$

Pendule 1821 . . $$\Delta m = 5{,}813 \frac{p}{T} + 2{,}495\sqrt{pT} + 1{,}235 \frac{p^{3/2}}{\sqrt{T}}$$

Il y a lieu de faire de grosses réserves au sujet de ces formules, qui ne concordent pas avec la théorie, puisqu'elles diffèrent passablement de la formule bien plus probable: $A\delta + B\sqrt{\delta}$. On peut néanmoins supposer avec quelque vraisemblance que, puisque ces formules ont été déduites de l'expérience, elles s'accorderont suffisamment bien avec les faits dans le voisinage de l'état normal; en d'autres termes, que la formule différentielle qu'on en peut déduire sera sans doute admissible.

On en tire par différentiation, pour le voisinage de l'état normal:

Pendule 4 . . $dm = 8{,}423\,dp - 4{,}796\,dT$
Pendule 1821 . $dm = 8{,}912\,dp - 5{,}183\,dT$

[1] *Survey of India*, 5, p. [72], 1876.

L'exactitude de ces formules étant admise, on pourra, en suivant le raisonnement inverse de celui de la fin du § 2, en tirer les valeurs de A et de $\frac{1}{2}$B. Nous avions en effet établi que :

$$dm = \left(A + \frac{1}{2} B\right) dp - \left(A + 0{,}216 \frac{B}{2}\right) dT$$

tandis que nous avons maintenant une expression de la forme :

$$dm = G\,dp - D\,dT$$

On en déduit facilement que :

$$\frac{1}{2} B = \frac{G - D}{0{,}784}$$

et

$$A = G - \frac{1}{2} B$$

On obtient, d'après ces formules, et par une voie un peu tortueuse, il faut le reconnaître, les valeurs suivantes de A et de $\frac{1}{2}$B pour les pendules de Basevi :

| | A | $\frac{1}{2}$ B |
|---|---|---|
| Pendule 4 . . | $0{,}005\,0_1$ | $0{,}006\,1_2$ |
| Pendule 1821 . | $0{,}005\,4_9$ | $0{,}006\,3_0$ |
| Moyennes . | $0{,}005\,2_5$ | $0{,}006\,2_1$ |

Remarquons toutefois que nous ne pouvons pas simplement adopter la moyenne de ces coefficients des pendules de Basevi pour les pendules aplatis des horloges astronomiques. Ce qui le montre bien, c'est que nous avons obtenu pour le coefficient A de ceux-ci, par évaluation directe, $A = a_1 + a_2 + a_3 = 0{,}009\,7_7$, tandis que pour les pendules de Basevi nous venons de trouver $A = 0{,}005\,2_5$.

Nous ne pouvons pas même adopter, pour nos pendules d'horloges, le rapport $\frac{1}{2}$B/A des constantes de Basevi, car ces pendules de Basevi sont extrêmement aplatis : non seulement leur lentille, mais aussi toute la tige ; de sorte qu'on peut s'attendre à ce que, pour eux, ce rapport soit plus grand que pour nos pendules d'horloges.

La seule conclusion que nous pouvons tirer de ce qui pré-

cède est que la constante $\frac{1}{2}$B relative au pendule à mercure de Riefler est comprise entre celle que nous avons obtenue pour le pendule ordinaire (cylindrique) et celle des pendules Basevi (très aplatis).

Il nous faut donc avoir recours à une interpolation pour obtenir une valeur approchée de cette constante. Voici les chiffres dont nous disposons (nous considérons, non pas A entier, mais $a_1 + a_3$, parce que les pendules de Basevi ne contiennent pas d'air enfermé) :

| | $a_1 + a_3$ | $\frac{1}{2}$B |
|---|---|---|
| Pendule ordinaire . | $0{,}011\,4_7$ | $0{,}001\,8_2$ |
| Pendule Riefler . . | $0{,}009\,7_0$ | $x$ |
| Pendule Basevi . . | $0{,}005\,2_5$ | $0{,}006\,2_1$ |

Pour l'interpolation même, il m'a paru plus rationnel de procéder, non pas par interpolation arithmétique, mais par interpolation *géométrique* (si je puis dire ainsi), car j'ai fait intervenir, non les différences de ces quantités, mais leurs rapports, en posant :

$$\frac{1147/970}{970/525} = \frac{x/182}{621/x}$$

Ce qui donne pour le coefficient cherché :

$$\text{Pendule Riefler} \quad \frac{1}{2}\text{B} = x = 0{,}002\,6_9$$

### 5. Résultats.

Nous avons, dans les deux paragraphes précédents, cherché à évaluer tant bien que mal la part des diverses causes dans le coefficient barométrique des pendules, en utilisant tous les renseignements que nous avons pu recueillir sur ce sujet. Voici les chiffres obtenus :

| | | Pendule ordinaire | Pendule Riefler |
|---|---|---|---|
| Poussée de l'air déplacé . . . | $a_1 =$ | $0{,}005\,5_2$ | $0{,}007\,5_6$ |
| Inertie de l'air enfermé . . . | $a_2 =$ | $0{,}000\,5_4$ | $0{,}000\,0_7$ |
| Inertie de l'air extérieur entraîné | $a_3 =$ | $0{,}005\,9_5$ | $0{,}002\,1_4$ |
| | A = | $0{,}012\,0_1$ | $0{,}009\,7_7$ |
| Viscosité . . . . . | $\frac{1}{2}$B = | $0{,}001\,8_2$ | $0{,}002\,6_9$ |
| Coefficient barométrique $b = \text{A} + \frac{1}{2}\text{B} =$ | | $0{,}013\,8_3$ | $0{,}012\,4_6$ |

Il ne faut pas se dissimuler toutefois que ces nombres reposent sur des bases bien précaires. Nous avons heureusement une vérification à notre disposition. On a, en effet, de divers côtés, déduit des observations directes des marches, la valeur du coefficient barométrique d'un assez grand nombre de pendules. La liste la plus complète de ces coefficients est celle donnée par M. Hartmann[1].

Parmi les dix-huit coefficients barométriques qui y sont cités, quinze se rapportent à des pendules à mercure ordinaires, trois à des pendules à mercure système Riefler ou à des pendules à gril. Les moyennes respectives des coefficients de ces deux catégories sont : $+0{,}0139$ et $+0{,}0122$. On voit que l'accord avec les valeurs théoriques est très bon, trop bon même, et on doit sans doute l'attribuer en partie à un heureux hasard.

Quoi qu'il en soit, nous sommes autorisés par ce bon accord, à admettre provisoirement les valeurs obtenues, et cela d'autant plus que nous n'avons nullement besoin ici de connaître très exactement ces constantes : une approximation assez grossière nous suffit.

Les valeurs de A et de $\frac{1}{2}$B déduites ci-dessus étant admises, on en tire immédiatement l'influence de l'air ambiant sur la compensation des pendules de ces deux types, à l'aide des formules de la fin du § 2.

Nous avions, pour un pendule oscillant à l'air libre :

$$dm = \left(A + \frac{1}{2}B\right) dp - \left(A + 0{,}216\,\frac{B}{2}\right) dT$$

L'influence de l'air sur la compensation est donc, en appelant $\theta$ la correction à apporter à la marche pour une augmentation de température de l'air ambiant de 1° :

$$\theta = -\left(A + 0{,}216\,\frac{B}{2}\right)$$

Pendule ordinaire . . . $\theta = -0{,}033$
Pendule Riefler . . . $\theta = -0{,}027$

Quant aux pendules sous pression constante, nous avions :

$$dm = +0{,}784\,\frac{B}{2}\,dT$$

[1] Hartmann. « Ueber den Gang einer mit Riefler' schen Pendel versehenen Uhr », Leipzig. Ber. (math. phys. Cl.), 49, 1897, p. 664.

Ce qui donne, pour un changement de température de l'air de 1° :

Pendule ordinaire . . . $\theta = +0{,}004$
Pendule Riefler . . . $\theta = +0{,}005$

Ces deux derniers nombres sont valables pour une densité, donc une pression normale. S'il y a vide partiel, il faut encore les multiplier par $\sqrt{\delta} = \sqrt{p}$; ils sont alors négligeables.

$\theta$ est la correction à apporter à la marche pour une augmentation de température de l'air de 1°. La variation correspondante de la longueur du pendule simple synchrone s'obtient par (6), chapitre Ier :

$$\theta = \frac{43\,200}{l} \Delta l$$

d'où :

$$\Delta l = l \frac{\theta}{43\,200} = l \times 0{,}000\,023 \times \theta$$

On a en particulier pour des pendules oscillant à l'air libre :

Pendule ordinaire . $\Delta l = -l \times 0{,}000\,000\,8$
Pendule Riefler. . $\Delta l = -l \times 0{,}000\,000\,6$

Il faut donc modifier en conséquence les résultats obtenus dans les deux premiers chapitres de ce travail. Toutes les valeurs de $\frac{dl}{dt}$ qui y figurent sont incomplètes, puisqu'elles ne tiennent compte que du solide et du mercure, et pas de l'air ambiant. Il faut partout y ajouter la valeur $\Delta l = l \times 0{,}000\,023 \times \theta$ que nous venons d'obtenir. Ce nouveau terme pourra partout être réuni au terme $l\alpha$. Pour tenir compte de l'influence de l'air ambiant sur la compensation, il suffit donc de remplacer, dans les conditions de compensation, le terme $l\alpha$ par $l(\alpha + 0{,}000\,023 \times \theta)$, c'est-à-dire par $l(\alpha - 0{,}000\,000\,8)$ pour les pendules ordinaires, et par $l(\alpha - 0{,}000\,000\,6)$ pour les pendules Riefler, s'ils oscillent à l'air libre.

Cette modification s'applique aussi à la quantité auxiliaire $y$ qui figure dans les formules d'approximation du chapitre Ier. Par contre, la formule de correction (chap. Ier, § 5) ne doit pas être modifiée, car le terme en $\theta$ s'en trouve éliminé en même temps que le terme $l\alpha$.

L'air entre aussi en ligne de compte pour l'effet de stratification ; mais son action est ici très faible et on peut presque

toujours la négliger. L'air déplacé et l'air entraîné sont, par suite du gradient, à une température différente de celle au point de suspension. On peut prendre $l$ comme distance moyenne approximative de cet air à la suspension. Les valeurs de $\frac{dl}{d\tau}$ calculées au chapitre III sont donc incomplètes; il faut leur ajouter la correction $-l^2 \times 0{,}000\,023 \times \theta$. Cela revient à y remplacer partout le terme $l^2 \frac{\alpha}{2}$ par le terme $l^2 \left(\frac{\alpha}{2} - 0{,}000\,023 \times \theta\right)$. D'ailleurs pour tous les pendules à mercure actuels, ce terme $l^2 \frac{\alpha}{2}$ est le seul important dans la valeur de $\frac{dl}{d\tau}$. On voit par là que l'air ambiant a pour effet d'augmenter le coefficient de stratification de ces pendules d'environ $\frac{1}{8}$ de sa valeur, c'est-à-dire de $\frac{1}{8} 0{,}25 = 0{,}03$. Or les variations de gradient ne dépassent guère $1^\circ{,}5$ de part et d'autre de l'état moyen. L'effet dont il s'agit ici est donc à peu près à la limite de ce que nous étions convenus de négliger (effet maximum de $0^s{,}05$ sur la marche).

On pourra donc négliger cette influence dans le calcul des pendules doublement compensés; mais il faudra tenir compte de celle de l'air ambiant sur le coefficient thermique, telle que nous l'avons obtenue ci-dessus. Le calcul, ainsi modifié, se ferait de la même manière, et les résultats ne seraient pas essentiellement différents.

---

## RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

(Les notations sont expliquées à la page 211.)

**1.** Pour un pendule à mercure usuel, la quantité de mercure peut se calculer approximativement par la formule :

$$p = 2\pi r^2 \delta l \frac{\alpha}{\gamma - 2\alpha_1 - \alpha} + {}^3/_4 \mathrm{P} \qquad \text{(Form. 12, p. 222)}$$

Si la tige et le vase sont en acier ($\alpha = \alpha_1 = 0{,}000\,011$) on a :

$$p = 631\, r^2 + {}^3/_4 \mathrm{P}$$

**2.** La quantité de mercure à ajouter pour corriger la compensation d'un pendule à mercure usuel est donnée par :

$$\Delta p = 2{,}44 \frac{\pi r^2 \delta}{\gamma - 2\alpha_1 - \alpha} \cdot \frac{l}{43{,}200} \Delta m \qquad \text{(14, p. 228, et 16, p. 230)}$$

Pour un pendule en acier on a :

$$\Delta p = 1620\, r^2 \Delta m$$

**3.** Pour un pendule à mercure à vase cylindrique, la quantité de mercure peut être calculée plus exactement en faisant $\frac{dl}{dt} = 0$ dans la formule de Wanach :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{mh}{\mathrm{D}} \left( b - \frac{2h}{3} - \frac{l}{2} \right) \varepsilon \qquad \text{(3, p. 236)}$$

La méthode à suivre est exposée à la p. 237. L'exactitude du résultat dépendra principalement de l'exactitude avec laquelle on connaît $\alpha$.

**4.** Pour un pendule à mercure quelconque, on doit employer la formule plus générale :

$$\frac{dl}{dt} = l\alpha - \frac{1}{\mathrm{D}} [i - ls + m(ld - d^2 - \iota_1)] \varepsilon \qquad \text{(4, p. 244)}$$

**5.** L'action compensatrice du mercure est d'autant plus grande que ce mercure est plus éloigné du milieu du pendule $\left(\text{point à la distance } \frac{l}{2} \text{ de la suspension}\right)$ et que la surface libre du mercure est plus proche de ce milieu.

**6.** Pour un pendule à mercure quelconque, le coefficient de stratification se calcule par la formule générale :

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{l^2}{2}\alpha - \frac{1}{D}\left[K\alpha - k(\varepsilon - \alpha) + \{li - sd(l-d)\}\varepsilon\right] \quad \text{(1, p. 264)}$$

Quand le pendule est à vase cylindrique, on a les formules 6 et 6$^{\text{bis}}$, p. 265.

**7.** Il est possible de construire un pendule à mercure compensé simultanément pour les variations de la température et pour celle du gradient. Pour que les dimensions du pendule soient acceptables, il faut qu'une partie du mercure soit au-dessus de la surface libre et y soit maintenue par la pression atmosphérique. (Voir p. 280-285.)

**8.** On peut tenir compte de l'effet de l'air ambiant sur la compensation thermique en ajoutant au second membre des formules sous 1, 3 et 4, le terme :

$$l \times 0{,}000\,023 \times \theta \quad \text{(p. 304)}$$

où on a en particulier :

| | A l'air libre | Sous une pression constante d'une atmosphère |
|---|---|---|
| Pour un pendule à mercure ordinaire . . . . . | $\theta = -0{,}033$ | $\theta = +0{,}004$ |
| Pour un pendule à mercure Riefler . . . . . | $\theta = -0{,}027$ | $\theta = +0{,}005$ |

# BIBLIOGRAPHIE

*des travaux relatifs à la théorie de la compensation à mercure et à l'effet de l'air sur la compensation thermique des pendules.*


George Graham. « A contrivance to avoid the irregularities in a clock's motion occasioned by the action of heat and cold upon the rod of the pendulum » (*Philos. Transactions,* XXXIV. London, 1726).

Fr. Baily. « On the mercurial compensation Pendulum » (*Mem. Astr. Soc. London,* I, p. 381-419, 1825).

J. Boehm. « Ueber das Pendel mit Quecksilber-Compensation » (*Sitzber. d. Wien. Akad.,* 26, p. 337, 1858).

P. Volpicelli. « Theorica della compensazione de Pendoli », Roma, 1860.

Edm. Beckett. Article dans *Mechanics Magazine* (5 février 1864).

G. Lorenzoni. « Sul calcolo dell' altezza del mercurio in un pendolo compensazione » (*Mem. Soc. Spectr. Ital.,* 8 App. 1, 1879).

L. Klebitj. « Zur Theorie der Compensation des physischen Pendels ». Belgrade, 1879.

« Le pendule compensé n'existe pas », Belgrade.

(Voir aussi : *Stäckels Deutsche Uhrmacher-Zeitung,* nos 10 et 11. Réponse de W. Förster au no 18.)

« Zur Theorie und Praxis des Compensations-Pendels mit compensirtem Schwerpunkte », Belgrade.

J. Wilsing. « Über den Einfluss von Luftdruck und Wärme auf die Pendelbewegung », Berlin, 1880.

W.-A. Nippoldt. « Ein neues für Temperatur- und Luftdruckschwankungen Kompensiertes Pendel » (*Zeitschr. f. Instr.,* 1889, p. 197, et 1896, p. 44).

S. Riefler. « Quecksilber-Kompensationspendel neuer Konstruktion » (*Zeitschr. f. Instr.,* Bd. 13, p. 88, 1893).

E. Anding. « Bericht über den Gang einer Riefler'schen Pendeluhr » (A. N., Bd. 133, no 3182, 1893).

F. Keelhoff « Calcul d'un compensateur à mercure » (*Journal suisse d'horlogerie,* XXIII, p. 256, 1899).

J.-M. Faddegon. « Mémoire sur la compensation thermique des pendules » (Congrès international de chronométrie, Paris, 1900).

B. Wanach. « Über den Einfluss der Temperaturschichtung auf verschiedene Uhrenpendel » (A. N., Bd. 166, nos 3967-68, 1904).

Ch.-Ed. Guillaume. « L'action de l'air sur la compensation du pendule » (*Journal suisse d'horlogerie,* XXIX, p. 109, 1904).

Plusieurs de ces mémoires, des plus anciens surtout, n'ont pas été consultés et sont cités ici de seconde main, en particulier d'après : C. Wolf, « Mémoires sur le pendule », Paris.

D'autre part, cette liste ne mentionne que les mémoires spécialement consacrés à tout ou partie du sujet du présent travail. Les autres travaux consultés sont cités au bas des pages. Parmi eux, il faut relever comme particulièrement important :

Peirce. « Methods and results of measurements of gravity at initial stations in America and Europa », U. S. Survey, 1876, App. 15.

# TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction . . . . . 209

Notations employées . . . . . 211

*Chapitre Ier. Formules approchées pour le calcul de la quantité de mercure* . . . . . 213

1. Formules actuelles . . . . . 213
2. Formule de M. Keelhoff . . . . . 216
3. Simplification proposée pour la formule de M. Keelhoff . . 220
4. Formule de M. Lorenzoni. Comparaison des résultats . . . 224
5. Formules de correction . . . . . 227

*Chapitre II. Calcul exact de la quantité de mercure* . . . . 232

1. Cas d'un vase cylindrique. Formule de M. Wanach . . . 232
2. Applications de la formule de M. Wanach. . . . . 236
3. Cas général . . . . . 241
4. Quelques cas spéciaux. . . . . 244
5. Pendules à minimum de mercure . . . . . 248

*Chapitre III. Influence de la stratification de la température sur la marche du pendule* . . . . . 254

1. Résumé des travaux antérieurs . . . . . 254
2. Calcul du coefficient de stratification . . . . . 260
3. Quelques cas spéciaux. . . . . 264
4. Influence possible de la stratification sur le coefficient thermique . . . . . 268
5. Compensation de l'effet de stratification . . . . . 269

*Chapitre IV. Influence de l'air ambiant sur la compensation thermique d'un pendule*. . . . . 286

1. Introduction . . . . . 286
2. Données théoriques. . . . . 289
3. Evaluation du premier coefficient A . . . . . 292
4. Evaluation du second coefficient B. . . . . 296
5. Résultats . . . . . 302

Résumé des résultats . . . . . 306

Bibliographie. . . . . 308

# MÉLANGES GÉOLOGIQUES

## sur le Jura Neuchâtelois et les régions limitrophes

Par le Dr H. SCHARDT, Professeur

### Huitième fascicule

(AVEC VINGT-UN CLICHÉS ET CINQ PLANCHES)

CONTENANT :

XXXVI. Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906.
XXXVII. Note sur la géologie du Plan de l'Eau et la stratigraphie du Dogger des Gorges de l'Areuse.
XXXVIII. Dents de Polyptychodon du Hauterivien supérieur.
XXXIX. Note sur un éboulement survenu près de La Neuveville en février 1909.
XL. Découverte d'un chevauchement sur le flanc de la chaîne du Lac, près de La Neuveville.
XLI. Le cours souterrain de la Ronde (La Chaux-de-Fonds).
XLII. Sur une coupe de la Molasse aquitanienne à la Poissine près d'Onnens.
XLIII. Sur la découverte d'un rognon manganèsifère dans le Hauterivien supérieur.
XLIV. Découverte d'une nouvelle poche hauterivienne dans le Valangien aux Fahys sur Neuchâtel.
XLV. Un décrochement transversal au chaînon de Châtollion.
XLVI. Note sur les gisements asphaltifères du Jura neuchâtelois.
XLVII. Sur une carrière romaine à La Lance près de Vaumarcus.

---

## XXXVI

## Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906.

(Note complémentaire au N° XX des *Mélanges géologiques*, avec une planche.)

La notice sur l'origine du lac des Brenets, insérée dans le quatrième fascicule des « Mélanges géologiques » *(Bull. Soc. neuch. Sc. nat.,* t. XXXI, 1902-1903) m'a donné l'occasion de décrire la forme, les dimensions et l'origine de ce lac remarquable et d'énoncer les caractères de son régime.

La baisse extraordinaire de son niveau, résultant d'une

diminution tout à fait inouïe du débit du Doubs, survenue pendant l'automne 1906, a permis de faire un grand nombre de constatations nouvelles, concernant soit la configuration du bassin lacustre lui-même, soit le régime de ses eaux et les voies par lesquelles se produisent les pertes qui sont la cause de ses oscillations de niveau.

En attendant que paraisse la publication spéciale que projette l'« Hydrographie nationale suisse »[1], et à laquelle j'ai promis ma collaboration, en ce qui concerne la géologie et l'hydrologie, je me contente de donner dans ce qui suit, sous forme d'une simple énumération de faits et de dates, ce qui est le plus en mesure de servir de complément à ma notice de 1903.

Une demande de concession présentée en 1905, en vue d'utiliser le lac des Brenets comme bassin de régularisation pour la création de force motrice hydraulique, a provoqué de la part du Département des travaux publics du canton de Neuchâtel une enquête sur les conditions qui résulteraient pour les riverains et les pêcheurs de l'exécution de ce projet. Le Bureau hydrométrique fédéral d'alors s'est associé à ces études en procédant à des jaugeages de précision du débit du Doubs et de toutes les sources qui paraissent être les émissaires souterrains de ce lac. En vue de se rendre compte d'une manière certaine de cette relation entre le lac et les sources qui jaillissent au pied du seuil du Saut du Doubs et sur les deux rives à l'aval de celui-ci, sur une longueur de plus d'un kilomètre, on a profité de la réduction extrême du volume d'eau contenu dans le lac, qui était tombé à environ le quart de ce qu'il contient en eaux moyennes, pour faire un essai de coloration avec de la fluorescéine. Cette expérience a eu lieu du 12 au 13 septembre 1906 au moyen de vingt kilogrammes de cette matière colorante, le lac contenant environ 1 500 000 m³ d'eau. Sur un point de la rive française, où il y a, à environ 500 m. en amont du déversoir du Doubs,

[1] Le bureau hydrométrique fédéral, annexé jusqu'en mars 1909 à l'inspectorat fédéral des travaux publics, a été transformé à cette date en un service indépendant, sous le titre de « Hydrographie nationale suisse ». Nous conservons dans ce qui suit l'ancienne dénomination, puisque notre étude se rapporte à une date antérieure à cette transformation ; elle aurait dû paraître déjà en 1908.

J'accomplis un devoir bien agréable, en exprimant ici à M. le Dr J. Epper, directeur de l'« Hydrographie nationale suisse », ma très sincère reconnaissance pour la complaisance avec laquelle il a bien voulu mettre à ma disposition les résultats de ses études, ainsi que les nombreuses photographies et la belle publication « Le développement de l'hydrométrie en Suisse ». Les données concernant la limnimétrie et les jaugeages sont extraites de cet ouvrage. M. Epper a également eu l'obligeance de lire les épreuves de ces pages et de vérifier les chiffres.

deux ouvertures absorbantes, on a introduit une quantité plus forte de fluorescéine dans le courant allant sous terre. Le résultat a été que toutes les sources jaillissant en aval du Saut ont été influencées, celles près de la ruine du Moulin de la Roche sur rive française plus fortement que les autres. C'est donc elles qu'alimente plus spécialement la perte de la rive gauche du lac.

J'ai assisté aux constatations relatives à cet essai de coloration et ai visité les lieux à plusieurs reprises, soit avant soit après, jusqu'au moment où la hausse des eaux a commencé à se produire.

Contrairement à la baisse extrême de 1893, qui est cependant restée $3^{m},06$ au-dessus de celle de 1906, nous possédons de celle-ci d'innombrables photographies de toutes les parties du bassin lacustre dépouillé de son eau. Elles émanent soit de photographes professionnels, et ont été reproduites dans les journaux illustrés et surtout sous forme de cartes postales illustrées; d'autres ont été prises par des amateurs; mais les plus remarquables ont été faites par M. Lütschg, alors ingénieur au bureau hydrométrique fédéral. Elles constituent une série unique, car elles ont été prises dans le but spécial de mettre en lumière les diverses particularités des berges et talus sous-lacustres et du fond à l'état émergé; elle comprend également des vues des diverses sources sortant des flancs rocheux du canyon à l'aval du Saut.

D'autres observations très intéressantes, qui ont été fixées par les photographies, ce sont les phénomènes de glissement et de tassement des dépôts vaseux qui forment le fond du lac. Il est dommage qu'on n'ait pas profité de l'occasion pour faire des sondages avec une simple tarière ou une barre de fer pour connaître l'épaisseur du remplissage vaseux au-dessus du fond rocheux du bassin lacustre. Ce sera la tâche de la plus prochaine baisse.

Il a été possible pendant cette longue baisse de 1906, surtout pendant le mois d'octobre, de relever de nombreux détails sur le rôle et le fonctionnement des sources sous-lacustres qui alimentent le lac des Brenets d'une manière fort appréciable, sinon ses fluctuations de niveau seraient bien plus considérables encore. Pendant la période de sécheresse de 1906, leur appoint était même pendant quelque temps plus considérable que le débit du Doubs aux Villers. Elles jaillissent pour la plupart sur le fond du lac, près des bords, en poussant de bas en haut à travers la couche de limon qu'elles percent en forme d'entonnoir largement ouvert. Elles pré-

sentent la particularité de tarir au fur et à mesure que la baisse du lac s'accentue. A la fin de la baisse de 1906, ce n'était plus guère que la source inférieure de l'Arvoux qui débitait encore de l'eau.

Le bureau hydrométrique a profité de la baisse de 1906 pour compléter le système des échelles limnimétriques du lac des Brenets et pour en relier le zéro au nivellement de précision de la Suisse. Ainsi que j'ai eu l'occasion de le relever dans ma note, on était resté dans l'incertitude quant à ce niveau, cela d'autant plus que les publications parlant du lac des Brenets ont utilisé alternativement les chiffres du nivellement neuchâtelois et ceux du nivellement français qui diffèrent du nivellement de précision de la Suisse, pour les uns de $2^m,81$, pour d'autres de $3^m,20$. Le nouveau nivellement a fait reconnaître que cette différence est en réalité de $3^m,275$. Le niveau du zéro du limnimètre a été trouvé de $738^m,748$ ($735^m,473$ pour le nivellement français). Le niveau du repère n° 145, placé devant le bâtiment des douanes suisses, se trouve donc à $758^m,608$ ($755^m,333$ niveau français). L'observation des niveaux du lac ne se faisant que jusqu'à la seconde décimale nous arrondirons la cote du zéro à $738^m,75$.

Les résultats des observations limnimétriques du lac des Brenets, rapportés au nouveau nivellement, se trouvent exposés dans la magnifique publication du Bureau hydrométrique fédéral : *Le développement de l'hydrométrie en Suisse,* parue en 1907. Ce volume a figuré déjà comme manuscrit à l'exposition internationale de Milan en 1906. La publication définitive a été considérablement augmentée et enrichie, en particulier en ce qui concerne le lac des Brenets, de plusieurs des meilleures et des plus intéressantes photographies prises pendant la baisse de 1906.

Il résulte de ces documents que le niveau le plus bas du lac des Brenets est intervenu le 5 octobre 1906 par $-0^m,86$, soit à la cote $737^m,89$. Le niveau le plus haut, atteint lors de la crue extraordinaire du 28 décembre 1882[1], a été de $19^m,39$ au-dessus du zéro ($758^m,14$); le battement extrême du niveau du lac des Brenets observé jusqu'ici est ainsi de $20^m,25$.

Voici encore quelques chiffres déduits des observations limnimétriques poursuivies pendant les années 1892 à 1906 :

[1] Sur la planche annexe à ma notice de 1903 se trouve indiqué, comme date du plus haut niveau, le 12 février 1882; c'est une inadvertance qu'il faut corriger, en mettant la date du *28 décembre 1882*, ainsi que le dit d'ailleurs le texte.

| | | |
|---|---|---|
| Hauteur moyenne des eaux . . . . . | 14m,54 | 753m,29 |
| Niveau maxim. de cette période, 9 mars 1896 | 18m,95 | 757m,70 |
| Niveau le plus bas, 5 octobre 1906 . . . . | — 0m,86 | 737m,89 |
| Ecart entre le maximum et le minimum . . | 19m,81 | |
| Niveaux hivernaux moyens . . . . . | 15m,03 | 753m,78 |
| Niveaux estivaux moyens . . . . . | 14m,26 | 753m,01 |
| Niveaux annuels maxima . . . . . | 17m,62 | 756m,37 |
| Niveaux annuels minima . . . . . | 8m,92 | 747m,67 |

Voici maintenant les observations spéciales faites au cours de la grande baisse de 1906 :

### I. Marche de la baisse du niveau du lac des Brenets de juin à novembre 1906.

Au commencement de juin 1906, le niveau du lac était à 16m,05. La baisse a commencé à s'amorcer à partir du 4 juin, d'abord graduellement et avec quelques hésitations, puis dès le 25 plus fortement et régulièrement de la valeur d'environ un demi-mètre par cinq jours jusqu'au 24 juillet où le niveau n'était plus qu'à 10m,40. Une petite crue de 0m,50 survient entre le 24 et le 28 juillet. Mais à partir du 30 la baisse reprend jusqu'au 5 octobre, sans presque aucune hésitation et avec une rapidité plus grande qu'en juillet, puisque pendant ces 66 jours la baisse totale a été de 11m,76. Un très léger ralentissement de la baisse s'est manifesté entre le 16 et le 23 septembre, ensuite de deux chutes de pluie survenues dans cette période. Elles ont produit 12 et 10 mm. de hauteur d'eau, mais elles n'ont pas été capables d'arrêter l'abaissement du niveau du lac, tant le terrain était desséché. Le 4 et le 5 octobre, enfin, il pleut avec 9 et 22 mm. d'eau. La baisse du niveau s'arrête subitement et le niveau du lac monte de presque 1 m. dans la journée du 6; il atteint 0m,11 le 8; mais il cesse de monter, la pluie s'étant arrêtée. Du 9 au 14, la baisse reprend de la valeur de 29 cm.; le 14, le niveau de l'eau est de nouveau à — 0m,18. Il pleut de nouveau du 13 au soir au 15 le matin, mais moins que précédemment, car le 14 il ne tombe que 20 mm. d'eau. Cependant le sol s'est déjà suffisamment saturé d'eau pour que les affluents du lac en grossissent, si bien que du 14 au 17 octobre il se produit une hausse de plus de 2 m.; à cette dernière date, le niveau du lac était à 1m,96. Mais ce n'est pas pour longtemps, car aussitôt une baisse régulière intervient qui se continue jusqu'au 4 novembre, date à laquelle le lac est de nouveau tout

près de 0. Il a plu déjà un peu le 2 novembre; le 4, il tombe 32 mm. de pluie, 22 le 5, 14 le 6 et 4 le 7. Il ne fallait pas moins pour produire la hausse subite qui a mis définitivement fin aux niveaux bas du lac. Le 5, vers le soir, la hausse s'amorce subitement et rapidement à tel point qu'en 19 heures elle représente $8^m,85$, soit presque un demi-mètre par heure ($0^m,466$), et le 10 novembre le niveau du lac était à $15^m,25$. De nouvelles pluies étant survenues du 15 au 21, avec une chute de 41 mm. le 18, le niveau monte encore jusqu'à $16^m,64$ le 6 décembre, en dépassant de plus de 2 m. la hauteur moyenne.

La crue exceptionnelle qui s'est produite après le 5 novembre est un phénomène inouï, explicable seulement, au moins pour la première partie, par la faible surface que présentait le lac en ce moment. Mais au fur et à mesure que le niveau montait, la surface devenant plus grande, la hausse devait devenir moins rapide pour une même valeur du débit des affluents.

## II. Observations faites sur la configuration du bassin sous-lacustre mis à découvert.

Le fond du lac des Brenets est formé par une épaisse couche de vase semi-fluide, sur laquelle il est impossible de se mouvoir, à moins d'y placer des planches suffisamment larges. Des personnes qui se sont aventurées imprudemment sur le fond fraîchement émergé ont risqué de s'enliser. Ce fond s'est tassé pendant la durée de l'émersion, soit par dessiccation progressive, en devenant plus ferme et plus résistant, et en se crevassant à la surface, ce que font bien voir plusieurs des photographies. Sur les berges où les éboulis se mêlent à ce terrain vaseux, on constata de très jolies lignes d'érosion bien parallèles qui dessinaient les progrès de la baisse de l'eau. Ce sont les petites vagues de ce lac minuscule qui ont formé ces lignes, en érodant légèrement le terrain argileux et pierreux dont les berges sont composées. Plusieurs des photographies permettent de le saisir avec la plus grande évidence.

Dans la partie du fond du lac mise à découvert, le Doubs s'est creusé aussitôt un nouveau lit, ce qui devait être d'autant plus facile que le terrain vaseux en question ne présente aucune consistance. La rivière, malgré son débit très faible, s'est creusé un lit de 2 à 3 m. de profondeur. Cet approfondissement rapide a eu comme conséquence de provoquer des

glissements dans les berges nouvellement formées. C'est ainsi qu'une grande quantité de vase a été entraînée dans la partie subsistante du lac. Il n'a pas été fait de relevé de ce lit temporaire du Doubs sur le fond du lac émergé. D'après les quelques croquis à distance que j'en ai faits, il suivait sensiblement le milieu du bassin en se contournant parallèlement aux parois de celui-ci. A l'Arvoux, il passait à proximité des sources sous-lacustres, en se rapprochant donc notablement du bord E. Cette circonstance s'explique peut-être par le fait que le jaillissement de ces très fortes sources empêche la sédimentation du limon de se faire ici dans la même mesure que dans les autres parties du bassin, en sorte que le fond dans leur voisinage est plus bas que du côté ouest; le Doubs, en se choisissant son lit, devait avoir la tendance à se rapprocher des dites sources. C'est ce qui a eu lieu également lors de la baisse de 1893, d'après ce qui ressort d'une des rares photographies de l'époque. Il semble même que le lit du Doubs de 1906 a suivi sensiblement la trace de celui de 1893, d'après ce que permet de voir la même photographie. Il n'est d'ailleurs guère douteux qu'en 1893 le lit s'est creusé dans la vase presque à la même profondeur, bien que la durée de la baisse n'ait été que de deux mois et le maximum à peine de quelques jours; ce n'est que pendant dix jours, en 1893, que le niveau s'est trouvé plus bas que 6 m. Si depuis lors le sillon n'a pas été entièrement nivelé, mais qu'il a été conservé, même vaguement, sous forme d'une faible dépression, il est évident que la rivière devait forcément suivre ce lit préparé ou du moins amorcé d'avance.

On fait commencer ordinairement le lac des Brenets à partir des sources de Chaillexon, où le lit du Doubs, bien que presque stagnant déjà à partir du pont de Villers, s'élargit en forme de lac. Au moment de l'extrême baisse, le 5 octobre, la longueur du lac était réduite à environ trois septièmes de sa longueur normale, donc un peu moins que la moitié; le volume de ce qui restait alors du lac était peut-être un cinquième seulement de la contenance en eaux moyennes.

Il a été possible de constater, conformément aux résultats des sondages de M. Delebecque, que les parois rocheuses du lac ne descendent pas partout à pic jusqu'au fond plat, mais que des talus formés de pierres éboulées mêlées de vase en garnissent le pied au-dessous du niveau normal de l'eau. C'est sur ces talus que l'action des vagues a produit les nombreuses terrasses parallèles traçant la marche progressive de de la baisse du niveau. Il n'y a pas cependant de véritable

Le dernier bassin du lac des Brenets et le barrage par éboulement.

*Phot. Bureau hydrograph. féd. 3. X. 1906.*

« beine » ou banc de rivage (blanc-fond), en raison des variations considérables et fréquentes du niveau de ce lac.

La nature du barrage qui a produit ce lac dans le canyon du Doubs est devenue admirablement visible en suite de cette baisse extraordinaire. Partout entre la rive française et la rive suisse, au Cul de la Conche, ce n'est qu'un formidable amoncellement de blocs de tout volume continuant au-dessous du niveau de l'eau l'amas de blocs qu'on voit à la surface. Au milieu de celui-ci se montre sur la rive française, entre le seuil du déversoir et le Saut du Doubs, l'énorme masse rocheuse tombée en bloc. Elle se prolonge au milieu de la gorge dès le pied de la chute jusqu'au Moulin de la Roche. Les nombreuses photographies et cartes postales qui ont été faites et publiées à cette époque en demeurent la preuve et perpétueront le souvenir des constatations faites pendant cette baisse extrême. La vue qui se trouve au bas de la planche 31[f] de la publication le « Développement de l'hydrométrie en Suisse », fait ressortir superbement la situation du barrage d'éboulement et le contact de celui-ci avec la rive rocheuse du côté de l'ouest; elle a été prise le 3 octobre, donc deux jours avant la baisse extrême[1].

### III. Les sources sous-lacustres.

On connaissait déjà les sources de Chaillexon et celles de l'Arvoux. Les premières se découvrent fréquemment lors des baisses modérées; les secondes sont bien connues par les patineurs, parce que l'ascension de leur eau abondante et relativement plus chaude que celle du lac en hiver empêche la formation de la glace ou ne laisse se former qu'une couche peu épaisse. Se trouvant entre 8 et 9 m. au-dessous du niveau du lac lors des sondages de M. Delebecque, soit à peu près de 10 m. au-dessous du niveau moyen, elles ne seront à découvert que lorsque le niveau du lac s'abaisse à 4 m. au-dessus du point 0. Cela est arrivé lors de la baisse de 1893 du 15 au 24 septembre. C'est de cette époque que datent les premières photographies de ces sources. Mais la très courte durée de ce phénomène explique aussi la rareté de celles-ci. En 1906, les sources de l'Arvoux ont été à découvert *pendant deux mois complets*, soit du 5 septembre au

[1] Grâce à la complaisance de M. le directeur Epper, il m'a été possible d'ajouter encore cette vue à la présente notice (pl. V); qu'il reçoive mes remerciements sincères pour le prêt du cliché.

5 novembre (62 jours). La baisse de 1898 a descendu le niveau du lac pendant quelques jours, entre le 7 et le 12 octobre, au-dessous de 5 m. (minimum $4^{m},44$ pendant un seul jour). Alors on devait pouvoir remarquer les deux grands entonnoirs à travers la faible couche d'eau qui les recouvrait encore et constater à la surface le bouillonnement dû au courant ascendant de l'eau. Mais une crue très rapide est de nouveau venue les submerger profondément dans l'espace de quelques jours. Donc, jusqu'ici, les sources de l'Arvoux n'ont été émergées qu'à deux reprises seulement.

A part ces deux groupes de sources, j'ai relevé pendant la baisse de 1906 encore une dizaine d'autres plus petites; j'en ai rapporté la position approximativement sur le plan de M. Delebecque. (Voir la planche I, destinée à compléter celle de ma notice de 1903.)

*Régime des sources sous-lacustres.* — Elles appartiennent pour la plupart au type des sources de Chaillexon et de l'Arvoux qui jaillissent au fond d'entonnoirs traversant la couche de vase du fond du lac. Au moment des crues ces sources sont fortement troublées par la vase que l'eau soulève. Les dimensions des entonnoirs sont en rapport avec le débit de ces sources. Au cours de la baisse du niveau du lac, par suite de la baisse du Doubs, les sources sous-lacustres diminuent également leur débit. Aussi, lors de leur mise à découvert par suite de l'abaissement du niveau du lac, leur débit est ordinairement déjà très faible et bientôt on les voit cesser de couler. C'est ainsi que, déjà le 11 août 1906, donc presque aussitôt après son émersion, la grande source de Chaillexon avait cessé de couler. La rigole par laquelle l'eau s'était temporairement écoulée à la surface de la vase, était entièrement à sec. Cette source n'a plus fonctionné jusqu'au moment de la grande crue. Il en était de même de la plupart des autres sources sortant au fond d'entonnoirs. Dès qu'elles sont émergées, elles cessent de couler. La source inférieure de l'Arvoux seule a fait exception, car pendant toute la durée de son émersion elle a toujours débité au moins une centaine de litres par seconde.

L'explication de ce phénomène peut se donner de diverses manières. Il n'est certainement pas admissible qu'il soit la conséquence d'un tarissement pur et simple de l'eau alimentant le cours sourcier en question, car l'arrêt de l'écoulement de l'eau suit de trop près le moment de l'émersion, pour qu'il ne soit pas évident que c'est bien le changement du niveau du lac qui en est la cause. Alors on peut admettre

que le retrait de l'eau et l'émersion du fond vaseux autour de la source ferme l'ouverture de celle-ci par suite de l'augmentation du poids du terrain. L'eau de la source peut alors se frayer un autre chemin, peut-être au milieu de la rivière, elle-même; toutefois je n'ai pas pu constater aucune de ces entrées d'eau supposées. On pourrait supposer aussi que la fermeture des petits orifices force l'eau souterraine à se déverser par un seul des orifices, le plus spacieux, donc celui qui offre le moins de résistance à l'écoulement de l'eau. Cet orifice serait la grande source de l'Arvoux vers lequel viendraient se concentrer les eaux de toutes les autres sources, au moment où, par suite de la baisse du niveau du lac, leurs orifices viennent à se fermer, ainsi qu'il vient d'être dit. Il est par contre aussi possible qu'un certain nombre de ces sources ne sont alimentées qu'au moment des hautes eaux par des eaux d'infiltration météoriques qui s'ajoutent à des eaux provenant du Doubs lui-même ou d'infiltrations ayant lieu en amont du Villers. Il est évident que lors de la baisse de la rivière, non seulement les infiltrations provenant de celle-ci ne se font plus autant ou que très difficilement, et aussitôt que l'entonnoir, au fond duquel l'eau pousse de bas en haut, est à découvert, la pression devient ici plus forte par suite de l'augmentation du poids de la vase, et l'orifice se ferme.

Le fonctionnement de ces sources sous-lacustres est tout à fait semblable à celui des sources temporaires connues sous le nom de « bonds » et qui jaillissent sur la plaine morainique de Bière (Vaud). Ces dernières émergent également au fond d'entonnoirs assez profonds traversant la couche de moraine de fond qui constitue le sous-sol de cette plaine. Elles ne fonctionnent qu'au moment des hautes eaux, soit au printemps pendant la fonte de la neige, tandis que dans le voisinage viennent au jour, à un niveau peu inférieur, la grande source permanente de l'Aubonne et, à une altitude de 45 m. plus haut, la source torrentielle temporaire du Toleure. Le fonctionnement de cette dernière coïncide assez exactement avec l'activité de sources boueuses des « bonds ». La source temporaire du Toleure doit être considérée comme un trop-plein de la source de l'Aubonne. Elle se trouve environ 55 m. plus haut que cette dernière, tandis que les « bonds » sont intermédiaires comme position horizontale et verticale. Le fonctionnement de ceux-ci s'explique donc fort bien par l'effet de la pression agissant sur le dépôt de vase qui obstrue le fond des entonnoirs, aussitôt que les canaux creusés dans le calcaire urgonien sous-jacent à la moraine et conduisant

aux orifices de la source de l'Aubonne ne suffisent plus pour débiter la totalité de l'eau et que celle-ci est obligée de refluer pour se déverser par le Toleure.

Les relations des sources sous-lacustres du lac des Brenets avec les eaux permanentes du Doubs et les eaux temporaires météoriques présentent quelque analogie avec ce mécanisme et expliquent fort bien leur fonctionnement périodique; la pression qui entre ici en jeu est cependant bien moindre que celle qui entre en action dans la formation des « bonds » de Bière.

Ces périodicités dans le fonctionnement des sources sous-lacustres mériteraient d'être étudiées d'une manière suivie, en particulier en ce qui concerne le groupe de Chaillexon que la baisse du niveau du lac met bien plus souvent à découvert que les autres. Peut-être que d'une telle étude ressortira la solution définitive du problème que je ne fais qu'énoncer provisoirement.

D'autres sources appartiennent à un type bien différent. Elles sortent du flanc même du bassin lacustre et pénètrent ordinairement dans le lac très près de sa surface, au moins voit-on un courant se déverser dans celui-ci, soit dès la fissure du rocher d'où l'eau s'échappe, soit à travers les éboulis qui recouvrent le pied de l'escarpement rocheux. Chez les sources du précédent type c'est également par une fissure dans le rocher que l'eau doit s'échapper, mais au-dessous de la nappe de vase lacustre qui recouvre le fond.

Ces sources sous-lacustres bordières sont moins sujettes au tarissement complet pendant la baisse du lac, car pour elles la pression de la vase émergée n'existe pas ou dans une bien moindre mesure, puisqu'elle ne forme qu'une couverture sur les éboulis ou un remplissage entre les blocs. Elles présentent en outre la particularité de suivre le mouvement du niveau du lac, surtout celles dont l'eau traverse une couche d'éboulis avant de se déverser dans le lac. Ce déplacement n'est peut-être pas absolument réel et provient en bonne partie du fait qu'au fur et à mesure que le niveau du lac s'abaisse, le débit de l'eau de ces sources se réduit de même, puisque la même cause qui fait baisser le niveau du lac réduit aussi le débit des sources; alors l'écoulement de l'eau par les fissures se fait sur une moins grande hauteur. En outre, il y a lieu de considérer que la baisse du niveau du lac augmente la différence de niveau entre lui et l'eau souterraine et accélère conséquemment la vitesse d'écoulement de celle-ci, en sorte qu'elle se meut sur une moindre hauteur, surtout si son débit se réduit en même temps.

es
os

n-
ert
n.
n.
5.
se
le
Le
ai
er
nt
le
uit
e,
nt
le
ù
té
le
le
re
i-

x
le
n
le
es
e-

t.
e
is
r
e
t
s
.
.
t
t

LE COURS DU DOUBS, A L'AVAL DU LAC DES BRENETS
ET LES SOURCES.
(D'après « Le Développement de L'Hydrométrie en Suisse », Pl. 31 d.)
LE LAC DES BRENETS, SUR LE COURS DU DOUBS
SA SUBDIVISION, SES SOURCES SOUS-LACUSTRES ET SES FUITES
(D'après les relevés faits au cours de la grande baisse de 1906.).
Compléments à la Pl. III des Mél. géol., fasc. 4., N° XX.
(Bull. Soc. neuch. Sc. nat., t. XXI., p. 312.)
Dernier Bassin
Petit Bassin
Auberge
Douane
Le Doubs
Le Plat du Saut
Grande Chute
Moulin ruiné
La Roche
Défilé d'Entre-Roches
Sources
Cul de la Conche
Bassin de Chaillexon
Bassin de la Ranconnière
Pré du Lac
Bassin du Bourg-dessous
Bourg-dessous
Les Combes
Côte du Moulinet
Bassin de l'Arvoux
L'Arvoux
23 IX 1903
Roche pesante
Bassin de la Tofière
Grotte de la Tofière
Bassin de Louis-Philippe
Rocher de Louis-Philippe
Rocher de la Vierge
Bassin de la Vierge
Bassin de Calvin
Rocher de Calvin
Pré Philibert
Fissure
Fuites
Moron
Corps de Garde
Légende.
Grandes sources sous-lacustres.
Petites sources sous-lacustres.
Sources sortant sur la berge, à niveau variable.
Fuites sur la berge.
Fuite sur le fond.
Ravin sous-lacustre creusé dans le fond vaseux
Quais et passerelles établis sur le fond vaseux.
1:10000.
1:10.000.

Voici l'énumération des sources observées, avec quelques détails sur leur importance et leur situation (voir les numéros correspondants sur la planche annexe) :

1. *Groupe de Chaillexon.* — Il est formé d'un grand entonnoir et de deux plus petits. Le premier, qui a été découvert par M. A. Magnin, professeur à Besançon, descend à 9 m. au-dessous du niveau du fond plat. Son diamètre et de 32 m. Le 11 août 1906, il contenait de l'eau stagnante à 19°,5. C'était également le cas des deux petits entonnoirs qui se trouvent à 24 m. de distance du côté E. et à 6 m. l'un de l'autre. Ils mesurent seulement 4 et 6 m. de diamètre. Le premier est oblong et le second bien circulaire. Je n'en ai pas pu mesurer la profondeur, n'ayant pas pu m'en approcher suffisamment vu la nature vaseuse du sol. Leur tarissement doit avoir eu lieu avant leur émersion, car il n'y avait pas de sillon d'écoulement dans la vase. Le grand entonnoir était par contre relié au Doubs par une coulière entièrement sèche, ayant par place jusqu'à 1 m. de profondeur, le Doubs étant lui-même ce jour à près de 3 m. au-dessous du niveau de l'eau dans le bassin. Celle-ci aurait conséquemment dû s'écouler par l'orifice situé sur le fond, si celui-ci avait été ouvert. Il faut donc admettre que la vase ayant glissé vers le milieu de l'excavation, a fait bouchon sur l'ouverture. Ce mécanisme s'observe également chez les « bonds » de Bière et le limon lévigué ainsi y est exploité activement pour l'alimentation d'une tuilerie.

2. *Source des Combes.* — Au pied du promontoire rocheux qui précède sur la rive française le petit îlot connu sous le nom de « Rocher du Crapaud » il y a sur le fond vaseux un entonnoir exactement circulaire d'une quinzaine de mètres de diamètre. Aucune rigole n'atteste un écoulement d'eau après son émersion. Cette source était donc arrêtée dès son isolement d'avec le Doubs.

3. *Entonnoir du Moulinet.* — Peu profond, d'environ 10 m. de diamètre, correspond à une source à eau trouble. Il ne fonctionnait plus comme source le 13 septembre 1906, mais il était encore rempli d'eau fangeuse et relié au Doubs par un sillon le long duquel s'était en outre produite une coulée de boue. L'emplacement de cette source se trouve exactement au commencement des rochers du Moulinet à quelques mètres de leur pied, à environ 250 m. au N.E. du Bourg-Dessous.

4. *Source bordière du Moulinet.* — A environ 80 m. au N.E. de la précédente, jaillit sur la rive une source dont le point

d'émergence s'abaisse avec le niveau du lac. Elle était bien visible le 13 septembre 1906 et donnait encore 10 à 15 litres d'eau par minute.

5. *Groupe de l'Arvoux.* — Il se compose de quatre entonnoirs, dont deux très grands et deux plus petits intermédiaires. Celui du côté d'amont mesure 30 m. de diamètre et a une forme arrondie assez régulière. Jaccard le désigne dans son article à propos de la baisse du Doubs de 1893 sous le nom de *Source de la Mauvaise-Côte,* en mentionnant que son eau est toujours trouble. Alors un couloir faisait communiquer cet entonnoir avec le suivant, tandis que le Doubs passait à très faible distance de celui-ci. C'est le 25 août 1906 que les sources de l'Arvoux devinrent visibles et déjà le 28 la source de la Mauvaise-Côte a cessé de fonctionner. Son niveau s'est légèrement abaissé et la forme circulaire du bassin s'est un peu déformée par suite de glissements de vase sur ses bords. La température de son eau était le dit jour de 10°,1. La profondeur de cet entonnoir est de 4 à 5 m.; mais il doit s'être rempli passablement de vase par suite des glissements de ses bords.

Le second grand entonnoir de l'Arvoux a également 28 à 30 m. de diamètre et se place comme le précédent juste au pied de la rive rocheuse, tandis qu'un talus d'éboulis les sépare sur une longueur d'environ 50 m. La source qui jaillit de son fond n'a jamais tari, bien qu'au cours de la baisse du lac elle ait diminué. Le volume d'eau que cette source débitait était, d'après un jaugeage du Bureau hydrométrique fédéral, le 19 septembre 1906, encore de 423 litres par seconde, donc un tiers de plus que le débit du Doubs qui n'était plus que de 306 litres. La température de l'eau était ce jour de 9°,5, tandis que le 13 septembre j'avais mesuré 9°,1 et le 13 octobre 8°,8. La profondeur de ce grand entonnoir a été trouvée par moi de 8 m., chiffre qui correspond à celui que donne le profil en long du Bureau hydrométrique. On voit nettement comment l'eau s'élève en bouillonnant du fond de la cavité. Un petit entonnoir visible sur le bord ouest laisse échapper de nombreuses bulles d'air.

Un petit entonnoir de 3 m. de diamètre se trouve à 7 m. du bord S. du bassin précédent; son eau était stagnante et aucune rigole n'était visible dans la vase. Il n'a donc pas fonctionné comme source au moment de l'émersion.

A 6 m. de distance au N.E. de l'entonnoir de la Mauvaise-Côte et communiquant avec celui-ci par un large canal se trouve encore un autre petit entonnoir plein d'eau stagnante

de seulement 4 m. de diamètre. Ces deux petits entonnoirs n'ont que quelques mètres de profondeur.

Les quatre cavités qui forment le groupe des sources de l'Arvoux sont évidemment alimentées par le même cours d'eau souterrain, dont l'eau sort sans aucun doute de fissures traversant le calcaire sur lequel repose l'alluvion vaseuse. Au moment des hautes eaux et pendant que le lac est plein, toutes les quatre ouvertures débitent probablement de l'eau; mais au moment de la baisse du lac et des sources, les petits orifices cessent de fonctionner et peu après l'émersion la grande cavité de la Mauvaise-Côte cesse à son tour de couler, en sorte que celle de l'Arvoux, la plus inférieure, débite la totalité de l'eau qui reste.

6. *Grotte de la Tofière.* — La grotte de la Tofière n'est autre chose qu'un canal creusé par les eaux souterraines le long de fissures qui s'ouvrent presque à angle droit dans l'escarpement sur la rive E. du lac, dans le bassin dit de la Tofière. Elle a donné naissance autrefois sans doute à une source volumineuse, tandis qu'actuellement elle ne paraît guère parcourue par de l'eau, au moins n'en ai-je pas aperçu, ni à son entrée, ni sur le talus au-dessous, ni sur le fond découvert par le retrait de l'eau en septembre et octobre 1906. A la hauteur normale du niveau du lac, l'eau atteint à peu près l'entrée de la caverne et elle l'inonde aux hautes eaux. La galerie souterraine est ouverte sur deux fissures verticales présentant très nettement les formes caractéristiques de la corrosion par l'eau. L'intérieur de la grotte en présente de même, partout où le rocher n'est pas trop couvert de vase ou d'enduits stalactitiques. Elle pénètre presque normalement à la direction de la paroi rocheuse et va en descendant; aussi, en temps normal, on rencontre à une faible distance de l'entrée de l'eau stagnante, dont le niveau est le même que celui du lac. Pendant la grande baisse de 1906, elle a été explorée à plusieurs reprises et on a pu y pénétrer sur une longueur de 200 m. environ. Au début le parcours était fort pénible et désagréable par la présence d'une épaisse couche de vase molle occupant le fond et salissant les parois. Cette circonstance prouve que cette galerie n'est certainement pas parcourue par un courant d'eau bien rapide; il semble même que l'eau y reste plutôt à l'état stagnant. Il serait intéressant d'observer cette caverne à ce point de vue; elle fonctionne peut-être aux hautes eaux comme trop plein des sources de l'Arvoux.

7. *Source de la Tofière.* — A environ 80 m. à l'aval de la grotte de la Tofière se trouve sur la beine un entonnoir de 9 m. de diamètre avec une rigole qui était à sec le 13 octobre 1906. Cette source débitait donc de l'eau encore pendant quelque temps après son émersion.

8. *Source de la Roche-Pesante.* — Un bassin de 10 à 12 m. de large se trouve au pied de la Roche-Pesante, sur la rive française du côté amont du bassin de Louis-Philippe. Plusieurs bateaux y avaient été amenés avant sa séparation complète du Doubs et y restèrent finalement échoués.

9. *Sources du bassin Louis-Philippe.* — Deux entonnoirs de moins de 10 m., placés à environ 10 m. de distance sur la beine de la rive française. Aucun des deux ne paraît avoir fonctionné depuis leur séparation du lac.

10. *Sources du bassin de la Vierge.* — Sur la beine de la rive suisse, à environ 65 m. de distance l'une de l'autre, se trouvent deux cavités en forme d'entonnoir. Celle du côté amont a environ 6 m. de largeur et communiquait le 13 octobre par un goulet avec le lac. Une source devait s'en écouler, car la température de l'eau était de 9°,7, tandis que l'eau du lac avait 10°,9.

Sans tenir compte de la grotte de la Tofière, dont le caractère de sources est incertain, il y a ainsi dans le lac des Brenets quinze orifices d'affluents sous-lacustres groupés ou isolés. Ils se trouvent tous dans le voisinage du bord, probablement parce que là la couche d'alluvion est moins épaisse. Plusieurs sont même à plusieurs mètres au-dessus de la partie médiane du bassin.

## IV. Emissaires souterrains du lac des Brenets.

Aussitôt que le débit du Doubs et des sources sous-lacustres s'abaisse au-dessous d'un certain chiffre, le déversoir du lac des Brenets, qui est à la cote 750$^{m}$,42, cesse de fonctionner et l'écoulement se fait dès lors exclusivement par voie souterraine, soit à travers la digue d'éboulement, dont j'ai donné la description dans ma notice de 1903, soit par des fuites qui se trouvent sur les flancs du dernier bassin.

On connaît depuis les sondages de M. Delebecque l'entonnoir qui se trouve près du barrage, en face du bâtiment des douanes suisses, sur le fond plat du lac, dans lequel il s'enfonce de 5$^{m}$,5 d'après les mensurations du Bureau hydrométrique fédéral, tandis que M. Delebecque l'indique de 4$^{m}$,6

seulement. Le caractère d'ouverture absorbante de cet entonnoir est attesté par la température de l'eau qui le remplit; elle est égale à celle de l'eau dans son voisinage. Mais il y a encore toute une série d'autres émissaires sous-lacustres. La partie supérieure du barrage, en particulier, doit être perméable sur toute sa largeur, ainsi que l'atteste le remplissage et la vidange du petit bassin entre les deux auberges, lequel précède le lit proprement dit du Doubs. Mais lorsque ce bassin ne communique plus avec le lac, ce qui arrive presque chaque année, ou bien lorsque son déversoir propre ne débite plus, alors qu'il est plein d'eau stagnante, le canal du Doubs étant plus bas (seuil de la chute 739$^{m}$,75, donc 10 m. plus bas), reçoit sur toute sa longueur des affluents qui pénètrent dans son lit et alimentent la chute du Saut-du-Doubs. Celle-ci ne s'arrête définitivement que par suite d'un abaissement du niveau du lac jusqu'au-dessous de 10 m. On voit alors au fur et à mesure de l'abaissement du niveau que les sources entrant dans le canal du Saut tarissent d'amont à l'aval.

On a découvert sur la rive française, à 300 m. en amont du seuil du lac, juste en face du Pré Philibert, deux ouvertures absorbantes qui correspondent à deux fissures très bien visibles sur la paroi rocheuse en amont. L'absorption se fait à travers les éboulis qui couvrent le talus sous-lacustre.

On peut donc considérer le bassin du lac des Brenets comme très peu étanche dans la partie du dernier bassin. Tandis qu'en amont de celui-ci, la présence de sources sous-lacustres, soit permanentes, soit temporaires, autant sur la rive française que sur la rive suisse, constitue une garantie quasi-absolue contre l'éventualité de fuites.

Ces fuites du dernier bassin alimentent des sources qui apparaissent dans le lit même du Doubs et sur ses berges à partir du pied de la cascade du Saut. L'essai de coloration mentionné plus haut a démontré qu'elles ont toutes leur origine dans le lac.

### V. Sources à l'aval du Saut-du-Doubs.

Ces sources jaillissent sur une longueur de 1100 m. environ, dès le pied de la chute, soit de la masse de l'éboulement en bloc, laquelle se prolonge sur la rive suisse jusqu'à la Roche, soit de la roche en place sur la rive française. Il est assez surprenant que ces dernières soient de beaucoup les plus nombreuses et les plus abondantes, en même temps qu'elles sont aussi les plus persistantes.

Il a été constaté au cours de la baisse progressive du lac que les sources les plus rapprochées du Saut ont diminué graduellement, quelques-unes ont même tari complètement. Toutes ont d'ailleurs diminué en même temps sensiblement. Parmi celles qui se trouvent réunies en un groupe, il s'en est également trouvé qui ont entièrement tari, attendu que leur niveau s'est trouvé plus haut que celui des sources principales ; elles fonctionnaient donc comme trop-plein de celles-ci. Le tarissement des sources les plus rapprochées du lac (au pied de la chute) est, par contre, attribuable à la baisse du niveau de ce dernier qui a mis à sec les ouvertures absorbantes situées à la partie supérieure du barrage d'éboulement. C'est le phénomène consécutif du dessèchement graduel du Doubs lui-même entre le petit bassin près des auberges et le seuil de la chute.

Les jaugeages faits par les soins du Bureau hydrométrique fédéral montrent en outre que les sources visibles le long de la gorge du Doubs ne sont pas les seuls émissaires du lac des Brenets, car le débit total de ces sources est en un moment donné encore inférieur au débit du Doubs à Villers, y compris l'appoint d'eau de l'Arvoux, les autres sources sous-lacustres étant supposées taries. *Pour que le lac baisse, il faut en effet que le débit des sources émissaires soit supérieur au total des affluents, Doubs et sources sous-lacustres.* La constitution géologique de la région à l'aval du lac des Brenets est telle que la totalité de l'eau souterraine doit venir au jour dans la gorge du Doubs en amont de Moron, car les couches du Jurassique supérieur calcaire se relèvent brusquement près de l'endroit appelé Entre-Roches, où jaillit la dernière source visible, pour laisser percer à Moron les marnes de l'Argovien (Jurassique supérieur marneux) formant ici comme une barrière imperméable.

En comparant les jaugeages du Doubs à Villers, de la source de l'Arvoux, des sources émissaires et du Doubs à Moron, on trouve, d'après la publication de M. l'ingénieur Epper, « Le développement de l'hydrométrie en Suisse », les chiffres suivants :

| | Commencement de septembre du 1er au 10 | Milieu d'octobre du 16 au 21 |
|---|---|---|
| Doubs au Villers et source de l'Arvoux . . . . . | 670 l. s. | 729 l. s. |
| Sources à l'aval de la chute . . | 620 l. s. | 306 l. s. |
| Doubs à Moron (= fuites du lac). | 1538 l. s. | 959 l. s. |
| Eaux entrant invisiblement dans le Doubs . . . . . | 918 l. s. | 653 l. s. |
| Excès des fuites sur les affluents. | 868 l. s. | 230 l. s. |

Il ressort avec évidence de ces chiffres que le débit jaugé des sources visibles ne représente en aucun cas la totalité des fuites du lac des Brenets et qu'une quantité considérable d'eau doit émerger dans le lit même de la rivière. Après le tarissement des sources du pied de la chute, après que le niveau du lac était tombé au-dessous de $1^{m},9$, il restait à la petite chute près de la Roche encore plus de 300 litres par seconde d'eau pénétrant dans le lit même de la rivière — probablement dans le bassin de la grande chute. Entre ce point et la gorge d'Entre-Roches il doit y avoir encore de nombreuses sources submergées. Un jaugeage du Doubs à la gorge d'Entre-Roches même aurait pu le démontrer. Mais puisque entre ce point et Moron l'apparition des marnes argoviennes imperméables exclut toute sortie d'eaux autres que celles qui font partie du système des sources émissaires du lac des Brenets, les jaugeages de Moron peuvent servir à la même démonstration. Elles montrent que les sources visibles sur les berges et parois de la gorge ne représentent que le tiers jusqu'à deux cinquièmes de la totalité de l'eau qui entre dans le lit du Doubs à l'aval de la chute. Les fuites du lac représentaient au commencement de septembre, pendant que son niveau s'est abaissé de 5 à 4 m., environ deux fois et demie le débit des affluents, Doubs et Arvoux, tandis que pendant la seconde moitié d'octobre, pendant la seconde baisse, elles n'étaient que d'un tiers environ supérieures aux affluents. La diminution des fuites par l'émersion successive des orifices absorbants, et sans doute aussi par la diminution de la charge de l'eau, est rendue ainsi bien évidente. Il aurait été intéressant de disposer d'une série complète de jaugeages pendant les premiers jours d'octobre, au moment de la plus grande baisse du lac.

### VI. Résultats de l'essai de coloration du lac des Brenets.

J'ai déjà mentionné que toutes les sources visibles ont été colorées par la fluorescéine (20 kg.) introduite dans le lac le 12 octobre. Celles de la ruine du Moulin de la Roche (rive française) plus fortement que les autres, parce qu'on avait introduit une dose spéciale de matière colorante dans les deux orifices absorbants en face du Pré Philibert. Comme il s'agissait d'influencer toutes les fuites pouvant exister sur le fond et les parois de ce qui existait encore du lac des Brenets, on a dissous au préalable la fluorescéine dans des seilles et

des arrosoirs, en la répandant aussi également que possible dans l'eau. Cette opération a pris toute la journée du 12. Les sources près de la ruine du Moulin de la Roche (F 3 et 4) ont été colorées visiblement à l'œil nu dès 6 heures du matin le 13; mais les échantillons prélevés à 1 heure du matin renfermaient déjà des traces de couleur visibles au fluorescope. L'eau du bassin au pied de la grande chute (profondeur 13m,26) est devenue fluorescente vers midi. Les sources jaillissant sur la rive suisse (S 1 et 2) et celles qui sortent de fissures en amont de la gorge d'Entre-Roches ne se sont colorées visiblement que plus tard; ces dernières renfermaient cependant déjà à 6 heures du matin des traces de fluorescéine visibles au fluorescope. Les sources de la rive suisse, qui sont d'ailleurs très faibles, ne proviennent pas directement du lac des Brenets, mais elles sont formées par des fuites du cours du Doubs entre la grande et la petite chute. Un essai de coloration, fait spécialement dans ce but, a influencé ces sources dans l'espace de trois heures.

L'essai de coloration du lac des Brenets n'a pas permis de définir le rôle de l'entonnoir qui se trouve dans le dernier bassin en face de la douane suisse. Si, comme nous sommes forcés de l'admettre avec M. Delebecque, c'est bien un entonnoir absorbant, il doit communiquer avec un orifice déterminé parmi les sources à l'aval de la chute. Je serais tenté d'y voir l'origine des importantes venues d'eau alimentant le grand bassin au pied du Saut qui représente aux plus basses eaux encore 300 l. s. Il serait possible de vérifier la chose au moyen d'une expérience de coloration, en faisant descendre dans cette excavation une bouteille contenant une dissolution concentrée de fluorescéine et en la faisant se renverser après son arrivée sur le fond.

## VII. Observations thermométriques et hydrotimétriques.

On avait supposé déjà antérieurement que les grandes sources du Moulin de la Roche (F 2 — F 4) étaient des émissaires du lac des Brenets, bien qu'elles sortent directement de fissures béantes du rocher. Cette hypothèse date de l'époque où il fut question de les utiliser pour l'alimentation de La Chaux-de-Fonds en eau potable. Le résultat des analyses chimiques fut défavorable, en raison de la forte teneur en matières organiques. J'ai toujours considéré les sources jaillissant au pied de la grande chute (F 1) comme étant éga-

lement des fuites du lac. Leur température le prouve en surabondance, car elle varie avec celle de la surface du lac des Brenets. Le 11 août 1906, alors que le lac avait 16°, les dites sources mesuraient 13 à 14°,5, température qui serait presque thermale s'il s'agissait de sources véritables. Les autres sources avaient des températures de 12°,5 à 13°4.

Le 13 octobre, par contre, l'eau du lac des Brenets, étant déjà passablement refroidie, n'avait que 10°,9, les sources ne mesuraient plus que 10 à 11°. Celles de la rive suisse seules faisaient exception avec 12°,6, mais l'eau du bassin au pied de la grande chute avait 12°,5, ce qui constitue une nouvelle preuve que ces sources proviennent bien de ce dernier.

L'eau de toutes les sources avait le 13 octobre 1906 un degré hydrotimétrique de 16°,5 à 17°,5 (degrés français) et une dureté fixe de 4°,5 avec de fortes traces de chlorures et de sulfates, tandis que l'eau du lac des Brenets avait le même jour seulement 15°,5 de dureté totale et par contre 7° de dureté fixe, correspondante aux sulfates et traces de chlorures; mais il s'agit ici d'eau prise à la surface. Il eût fallu en prendre à diverses profondeurs. Il est possible qu'à l'eau des fuites se joint une certaine quantité d'eau souterraine due à des infiltrations à travers le terrain calcaire, ou bien que l'eau dissout du calcaire pendant son trajet souterrain. Les sources proprement dites qui se collectent dans les terrains calcaires du Jura ont, dans la règle, des duretés supérieures à 20°. La faible dureté des sources de fuite du lac des Brenets est donc un argument de plus pour la relation que nous venons de démontrer.

La *source de l'Arvoux* avait le 13 septembre une température de 9°,1 et le 13 octobre 8°,8. Ces températures sont assez conformes à l'altitude de son point d'émergence. En opposition avec les sources de fuite, l'Arvoux porte donc bien le caractère d'une source proprement dite, tandis que les eaux qui jaillissent entre le Saut-du-Doubs et Entre-Roches ne sont que des « résurgences », soit des sources alimentées par des eaux superficielles. Au moment de leur plus faible débit, elles devaient être presque exclusivement formées par de l'eau du lac des Brenets; mais en temps de pluie il doit s'y ajouter encore une quantité variable, parfois très considérable, d'eau souterraine, ce qui explique la grande variabilité de leur débit, phénomène qui n'est pas exclusivement dû aux variations du niveau du lac.

### VIII. Subdivision du lac des Brenets.

J'ai déjà rappelé que dans le langage local on distingue deux parties, le « lac des Brenets », proprement dit, ou « lac de Chaillexon », c'est la partie peu profonde allant des Bassots jusqu'à l'Arvoux, et la partie profondément encaissée qui dessine les méandres du Doubs qu'on nomme « bassins du Doubs ». Il est évident qu'au point de vue de la science géographique une telle distinction n'a pas sa raison d'être, d'autant moins que le lac des Brenets, *sensu strictu,* est formé manifestement par la même nappe d'eau que les bassins du Doubs. Ce dernier nom se justifie tout au plus par la forme sinueuse du bassin lacustre qui suit les contours du lit primitif de la rivière.

Pour éviter tout équivoque, nous conserverons le nom de lac des Brenets pour l'ensemble de ce lac. Mais il y a utilité d'établir une fois pour toutes la nomenclature de ses diverses parties, telle qu'elle est en usage dans la région. Elle ressort d'ailleurs aussi de l'analyse de sa configuration. On peut parfaitement adopter le nom de *bassin* pour désigner les divers segments de ce lac.

La partie PEU PROFONDE se divise en quatre bassins :

1. *Bassin de Chaillexon,* va des Bassots jusqu'à Chaillexon.

2. *Bassin des Pargots* ou de la *Ranconnière,* placé à angle droit par rapport au précédent.

3. *Bassin du Bourg-Dessous,* va du Pré du Lac jusqu'à la côte du Moulinet.

4. *Bassin de l'Arvoux* ou du *Moulinet,* placé en face des Combes.

La partie PROFONDE et SINUEUSE se compose de cinq bassins séparés les uns des autres par des promontoires rocheux, placés alternativement sur la rive suisse et française.

5. *Bassin de la Tofière,* séparé du précédent par le promontoire de l'Arvoux et du suivant par la Roche-Pesante, sur la rive française.

6. *Bassin de Louis-Philippe,* séparé du suivant par le rocher du même nom.

7. *Bassin de la Vierge,* que la large masse rocheuse du côté français portant ce nom, sépare du

8. *Bassin de Calvin,* qui tire son nom du promontoire qui le sépare du dernier bassin. Le rocher de Calvin domine le Pré Philibert, une corniche gazonnée assez large.

9. Le *Dernier Bassin,* qui est aussi le plus profond, se prolonge en forme de golfe dans le Cul de la Conche et communique par un goulet avec le

10. *Petit Bassin,* situé entre les deux auberges. Il se dessèche complètement aussitôt que le niveau du lac tombe au-dessous de 748 m. C'est sur le côté E. de ce lac accessoire que s'ouvre l'émissaire superficiel.

## XXXVII

## Note sur la géologie des environs du Plan de l'Eau et la stratigraphie du Dogger des Gorges de l'Areuse.

(avec un cliché)

Le creusement d'une galerie de captage d'eau, exécutée pour le compte des Services industriels de La Chaux-de-Fonds, pendant les années 1905 à 1907 à travers le coteau de la Ravière, près du Plan de l'Eau, m'a donné l'occasion de faire diverses constatations intéressantes pour la géologie de cette partie des Gorges de l'Areuse.

Ces nouvelles observations se rapportent d'une part au problème de l'existence d'une ancienne vallée d'érosion de l'Areuse au-dessous de l'amas morainique de la Petite-Joux et des Fourches au droit du Creux-du-Van, et d'autre part à la composition stratigraphique du Dogger (Jurassique moyen) que la dite galerie a traversé sur une longueur de 340 m. environ; enfin, la position de l'écaille chevauchée de Dogger qui se poursuit dès le Furcil jusqu'au coteau de Chantemerle, près de Brot-Dessous, a pu être élucidée dans une certaine mesure.

Nous examinerons successivement ces trois sujets différents.

### I. La coulière préglaciaire de la Ravière.

La situation du cours actuel de l'Areuse entre la plaine d'alluvion de Noiraigue et celle du Champ-du-Moulin, correspond à une partie très inclinée de la vallée, où la rivière coule presque constamment sur de la roche en place. Elle entame d'abord les couches du Dogger de l'anticlinal du Solmont, puis, à partir du Plan de l'Eau, elle traverse des terrains de plus en plus récents pour aboutir à travers l'étroite gorge du Saut-de-Brot à la plaine du Champ-du-Moulin qui

se trouve environ 80 m. plus bas que celle de Noiraigue. Il a été montré d'autre part (SCHARDT et DUBOIS, «Géologie de la région des Gorges de l'Areuse», avec une carte géologique à l'échelle de 1:15000. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXX, p. 195-350, 1903; *Eclogæ géol. helv.*, t. VIII, p. 367-474, et H. SCHARDT, *Compte rendu Congr. géogr. Genève*, 1908, t. II, p. 310) que ce segment à forte pente est une vallée épigénétique postglaciaire, tandis que la vallée primitive de l'Areuse se trouve à une profondeur de près de 100 m. au-dessous de l'altitude de Noiraigue et à l'E. du cours actuel, complètement remblayée par des dépôts glaciaires alpins. Ceux-ci supportent à leur tour un puissant amas de moraine locale déposée par l'ancien glacier du Creux-du-Van. C'est sans doute la présence de cet amas de blocs qui a motivé le déplacement du cours de la rivière après le retrait des glaciers.

Cette supposition de la présence d'une coulière préglaciaire de l'Areuse au-dessous du coteau de la Petite-Joux et des Fourches a été magnifiquement vérifiée par le creusement de la galerie du Plan de l'Eau.

Juste en amont de l'usine hydro-électrique se trouve un coteau formé de graviers fluvio-glaciaires que des ravinements mettent constamment à nu. Ces graviers se trouvent à l'endroit où doivent exister dans la profondeur les marnes du Bathonien (marnes du Furcil) et on les poursuit jusqu'à Brot-Dessous, tandis que du côté N. surgit le terrain calcaire qui lui est inférieur (Bajocien dit Grande-Oolite) et du côté S. les bancs de la Dalle nacrée (Callovien). Lors de la construction de l'usine du Plan de l'Eau, on avait constaté, au-dessous des fondations, du terrain glaciaire avec des sources. J'avais en conséquence supposé que sous le remplissage glaciaire de la Ravière existait un ravin préglaciaire, creusé par un cours d'eau affluent de l'Areuse primitive et *descendant conséquemment plus bas que le lit actuel de cette rivière*[1]. La galerie de recherche d'eau a donné absolument raison à cette supposition.

Elle a été ouverte au niveau du canal d'adduction de l'eau motrice de l'usine des Molliats et dirigée sensiblement à angle droit à la direction des couches.

Après avoir traversé 10 m. de moraine, on a atteint, au seuil de la galerie, le calcaire de la *Dalle nacrée* (Callovien)

[1] Il y a une petite correction à faire à la carte géologique qui accompagne le mémoire sur la géologie des Gorges de l'Areuse. Il n'y a pas de Bathonien entre le glaciaire de la Ravière et l'Areuse; ce dernier se soude directement à la moraine de la rive opposée. Le glaciaire de la Ravière est aussi bien plus étendu du côté du S. et vient recouvrir toute la surface indiquée en Bathonien, jusqu'à la Dalle nacrée.

plongeant de 65° vers le S. Ce sont des bancs de couleur grise à l'intérieur et jaune par oxydation à la surface, le long des délits et des fissures. Il se poursuit ainsi sur près de 50 m., toujours en bancs minces à texture spathique; puis suit sur 23 m. une série d'alternances de calcaires spathiques du type de la Dalle nacrée et de marnes grises ou jaunes, avec quelques infiltrations d'eau. A 83 m. du portail on arrive à la marne grise du Furcil, dont le contact accuse un plongement de 75° au S. Mais il n'y en a que 8 m., car on a passé subitement, par une surface de contact de 60° de plongement N., à de la *moraine de fond* typique, contenant des galets polis et striés, lités dans une masse argileuse. Cette moraine est entrecoupée localement de zones de gravier. Ces dernières donnent naissance à quelques sources assez abondantes. Après 51 m. de cheminement dans ce terrain, mesuré au seuil de la galerie (54 mesuré au plafond), on est rentré dans les marnes du Furcil. A celles-ci ont succédé, au bout de 6 m. seulement, les couches marno-calcaires si riches en Brachiopodes, connues sous le nom de Calcaire roux marneux du Furcil. Ce terrain repose, avec un plongement de 65° S., sur les calcaires compacts gris clair appelés à tort Grande-Oolite. C'est dans ce calcaire et d'autres couches sous-jacentes que la galerie s'est prolongée sur près de 200 m. encore, avec une direction moyenne de 14° N.W., qui est presque celle du méridien magnétique. Il sera question de ces terrains dans le paragraphe suivant.

Le contact de la moraine avec la marne du Furcil de part et d'autre accuse très nettement qu'elle remplit un ravin en forme de V creusé dans ce dernier terrain. Cette circonstance et l'imperméabilité des marnes du Furcil, autant que de la moraine argileuse elle-même, explique les nombreuses infiltrations d'eau sortant des graviers intercalés. La marne du Furcil doit forcément se fermer au-dessous de la moraine. En prolongeant les pentes de part et d'autre, on trouve que leur rencontre doit se faire à environ 25 m. au-dessous du niveau de la galerie. Il est hors de doute que ce sillon doit présenter une inclinaison dans la direction de l'Areuse, soit vers le S.W. Ce fait a été établi positivement par la construction de deux galeries latérales, partant de la galerie principale vers le N.E., en suivant de part et d'autre le contact de la marne du Furcil et de la moraine. (Voir le cliché fig. 1.)

Par suite d'une erreur d'alignement, due à la négligence de 'entrepreneur, l'embranchement S a quitté le contact sur une certaine longueur (environ 35 m.), mais on l'a retrouvé

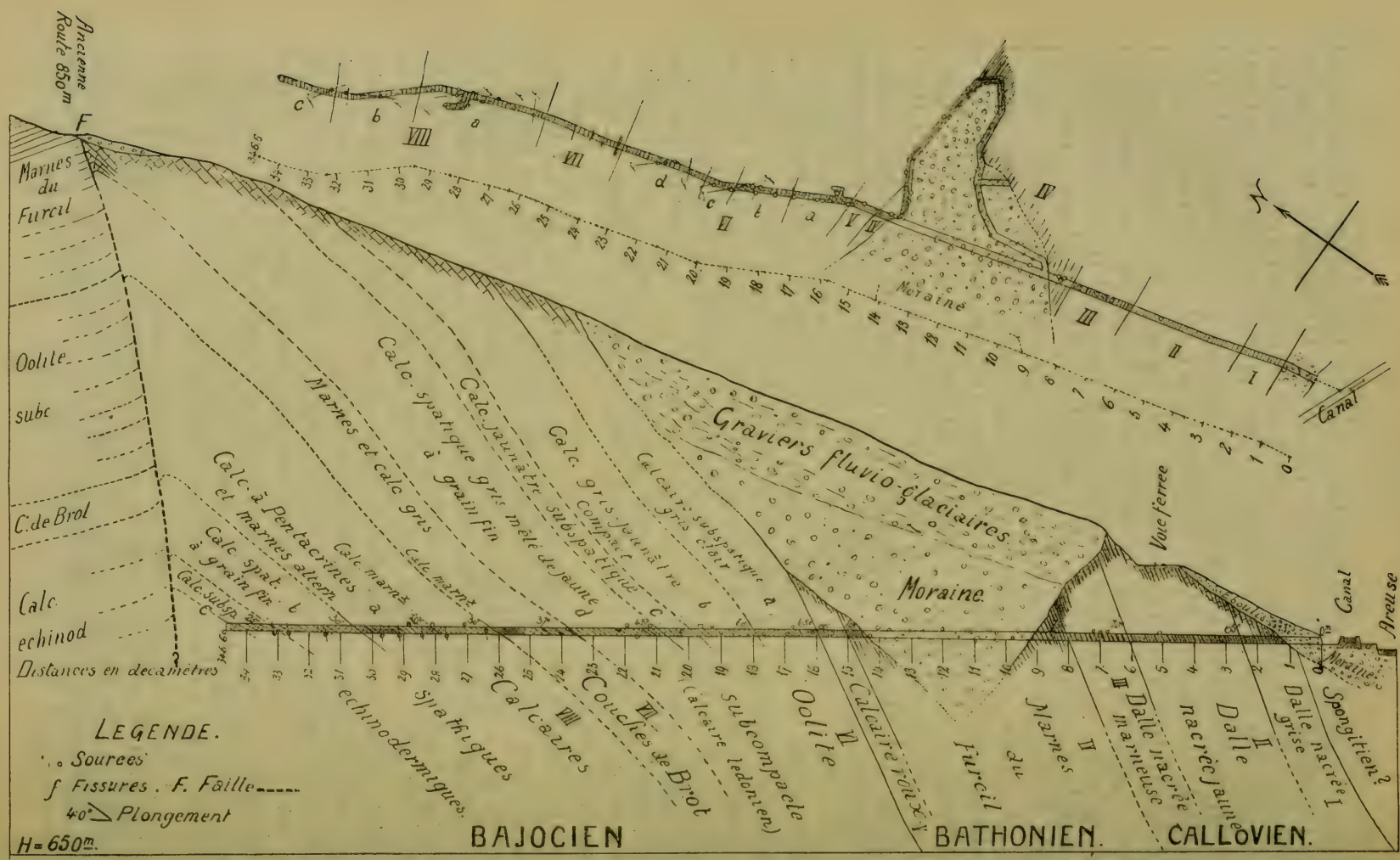



*Fig. 1.* Plan et profil géologiques de la galerie de captage du Plan de l'Eau, par H. Schardt.

Echelle 1:2500.

plus loin. L'autre embranchement a suivi exactement le contact entre le rocher et la moraine. C'était d'abord la marne du Furcil sur 10 m., puis le calcaire roux, montrant que la marne du Furcil a été entièrement enlevée de ce côté. Après 50 m. au total, on a retrouvé au contact la marne du Furcil, puis les deux embranchements se sont rencontrés à environ 51 m. de distance, mesurée normalement, de la galerie principale. Fait dans le but de recueillir la totalité de l'eau pouvant cheminer dans le remplissage morainique, but qui a été d'ailleurs pleinement atteint, cet ouvrage souterrain a fourni aussi une démonstration éclatante de la supposition que ce ravin doit avoir une pente dirigée vers l'Areuse. Nous connaissons le point où le fond du sillon se trouve au niveau de la galerie principale ou un peu plus haut; sous celle-ci nous lui avons trouvé par construction une profondeur de 25 m. Il résulte de ces chiffres que le fond du ravin préglaciaire de la Ravière doit avoir une pente de 50 % ou 30°. Il est naturellement peu probable que cette déclivité soit constante jusqu'au lit préglaciaire de l'Areuse qui se trouve (si notre construction est juste) à environ 500 m. dans la direction S.W.; car on arriverait à une profondeur de 250 m. au-dessous du Plan de l'Eau. La partie explorée du ravin est évidemment près de son commencement, où la pente est plus forte. En admettant une décroissance normale de celle-ci vers la jonction avec l'Areuse préglaciaire, on arrive par une courbe tout à fait naturelle à joindre le tracé de celle-ci à une profondeur d'environ 100 m., ce qui est admissible.

## II. Stratigraphie du Dogger dans la région des Gorges de l'Areuse.

Dans le mémoire cité ci-dessus, nous avions admis, M. Aug. Dubois et moi, que les marnes du Furcil, y compris le calcaire roux, représentaient le Bathonien supérieur et que le calcaire, dit Grande-Oolite, avec les calcaires et marnes à Brachiopodes (couches de Brot, partie supérieure) en formaient la partie inférieure. Les calcaires à Polypiers (partie inférieure de couches de Brot) formeraient le sommet du Bajocien.

Dans ma notice sur le « Parallélisme des niveaux du Dogger dans le Jura » (*Mél. géol.*, fasc. 4, art. XIX, *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, 1903, t. XXXI, 287), j'ai déjà rectifié cette subdivision qui correspondait sensiblement à celle qu'admettait aussi M. Rollier jusqu'alors. J'ai montré que le massif calcaire dit « Grande-Oolite » n'est pas l'équivalent de Grande-Oolite du

Jura bernois, ou de la région du Mont-d'Amin et de Pouillerel, mais qu'il est l'équivalent exact de l'*Oolite subcompacte* du Jura bernois (Thurmann).

En conséquence, les couches de Brot rentrent certainement dans leur ensemble dans le Bajocien et ne correspondent donc pas à la marne à *Ostrea acuminata,* laquelle a, par contre, comme équivalent le calcaire roux du Furcil. J'ai cependant placé encore à la base du Bathonien la soi-disante Grande-Oolite du Furcil. Aujourd'hui, il me paraît nécessaire d'aller encore plus loin et de ranger dans le *Bajocien* ce massif calcaire, ainsi que le faisait d'ailleurs Thurmann pour l'Oolite subcompacte. La rectification est facile à faire d'après ce qui vient d'être dit et en se basant sur le tableau stratigraphique, pl. II de la notice mentionnée. Il semblerait même, d'après la présence de *Parkinsonia (Cosmoceras) Garanti* dans le calcaire roux du Furcil, que l'on devrait encore placer au sommet du Bajocien cette dernière couche, la dite ammonite étant considérée comme bajocienne. Je suis cependant bien plutôt porté à maintenir ce niveau dans l'étage bathonien, dont il forme la base. J'ai pour cela les motifs suivants : Le calcaire roux est bien le niveau de l'*Ostrea acuminata,* dont il renferme d'innombrables exemplaires au Mont Dar (chaîne de Tête-de-Ran) ; il contient en exemplaires typiques la *Parkinsonia Parkinsoni,* et tout le reste de la faune est franchement bathonienne. Il est vrai qu'on cite la *P. Parkinsoni* aussi du Bajocien à *Steph. Humphriesi* de Bayeux. Si dans la région du Furcil on venait à découvrir dans ce niveau cette dernière ammonite ou bien le *Steph. Blagdeni,* alors seulement l'âge bajocien serait démontré. Ajoutons encore que le *Steph. Humphriesi* se trouve dans la chaîne du Mont-d'Amin bien au-dessous du calcaire roux et même au-dessous de l'Oolite subcompacte. C'est également au-dessous du niveau du calcaire roux que M. Rittener cite le *Steph. Blagdeni* près de Grange neuve au pied du Mont-Suchet.

Les niveaux du Bathonien tels que je les ai établis dans le tableau stratigraphique avec leurs équivalences pour la région du Furcil, me paraissent à tel point correspondre à ceux du Jura bernois que je ne saurais sans scrupules placer dans l'étage bajocien la couche si caractéristique du calcaire roux marneux. C'est l'équivalent avéré de la marne à *Ostrea acuminata,* de la marne à *Discoidées*, du Fullers earth et des marnes à *Homomyes*, niveaux qu'on a de tout temps considérés comme rentrant dans le Bathonien. Puis la *Parkinsonia (Cosmoc.) Garanti*, du calcaire roux, est-elle bien le vrai type

bajocien et n'appartient-elle pas plutôt à une autre forme qui est bathonienne? ou bien cette espèce n'a-t-elle pas, comme la *P. Parkinsoni*, une grande extension verticale? Autant de questions qu'il faudrait trancher, avant d'infirmer notre manière de placer la limite entre le Bathonien et le Bajocien.

Le prolongement de la galerie de recherche d'eau, poussé jusqu'à 345 m. de distance du portail, a traversé sur 186 m. les couches du Bajocien. Comme les matériaux provenant des travaux d'avancement étaient jetés pêle-mêle sur le talus de déblais à l'extérieur du tunnel, j'ai dû me contenter de relever avec le plus de soin possible la succession des couches traversées et chercher à retrouver à l'extérieur quelques fossiles dans les roches correspondantes. Aucune couche, à l'exception du calcaire roux, n'était assez riche pour qu'il ait été possible de découvrir quelque fossile dans l'intérieur même de la galerie. Les débris de calcaire roux ont par contre été placés à part et il a été possible de recueillir de nombreux échantillons.

La limite entre le Bathonien et le Bajocien ainsi établie, je donne ci-dessous quelques détails sur les terrains traversés et les listes des fossiles qui y ont été recueillis.

### **Dalle nacrée** (Callovien).

La galerie l'a traversée sur une longueur de 72 m., ce qui fait une épaisseur, mesurée transversalement aux couches, de 60 m. environ. Cette épaisseur est bien plus considérable que celle de la Dalle nacrée qui forme l'escarpement du Furcil. La succession des couches n'est également pas tout à fait la même. Cela n'est pas pour nous surprendre, attendu que nous sommes ici dans le flanc S. de l'anticlinal, tandis que la paroi du Furcil fait partie du flanc N. On sait que la composition stratigraphique et l'épaisseur d'un terrain peuvent varier considérablement sur une faible distance. Voici la série observée :

1. Calcaire gris foncé à grain spathique, en bancs minces de 1 à 2 dm. ; épaisseur, 13 m.

2. Calcaire en dalles jaune extérieurement et gris-brun sur la cassure, texture grenue à grossièrement spathique (échinodermique), sans intercalations marneuses ; les plaques de 10 à 25 cm. d'épaisseur se superposent directement ; épaisseur, $33^{m},5$.

3. Alternances d'épaisseur variable de calcaire gris ou jaune spathique du type de la Dalle nacrée, mais à grain

plutôt fin, avec des marnes grises ou des marnes calcaires de même couleur ou plus ou moins jaunies. Il y a, sur une épaisseur totale de 18 m., plus de 60 alternances. L'épaisseur des couches marneuses varie de 5 à 30 cm.; celle des bancs calcaires de 10 à 25 cm.

En comparant cette série à celle que présente l'escarpement du Furcil, on est frappé de la différence que présente la succession des couches de part et d'autre. Tandis qu'au Furcil nous avons deux massifs de calcaire de 25 et 12 m. séparés par un lit de marne de 6 m. d'épaisseur, la galerie du Plan de l'Eau a traversé 46 m. de Dalle nacrée sans marnes intercalées, sauf quelques délits de moins de 1 cm. Cette épaisseur correspond sans doute à l'ensemble des deux massifs de Dalle nacrée avec la couche marneuse intercalée de 6 m. du Furcil; cette dernière est donc remplacée au Plan de l'Eau par des couches calcaires. Quant aux alternances marno-calcaires de 18 m. d'épaisseur qui se trouvent à la base (couche 3), il est plus que probable qu'il faut y voir l'équivalent des marnes en minces feuillets d'une épaisseur d'environ 15 m. qui séparent, au Furcil, la Dalle nacrée des marnes bathoniennes. J'ai constaté là aussi quelques intercalations de calcaire finement spathique. La présence en plus forte proportion de l'élément calcaire dans ce complexe au Plan de l'Eau, atteste le passage de ces marno-calcaires à un fasciès plus calcaire, ce qui est en accord avec la disparition à ce dernier endroit de la zone marneuse dans le milieu de la Dalle nacrée. Il s'en suit qu'il faut descendre quelque peu la limite du Callovien dans la coupe du Furcil, en y ajoutant le complexe marno-calcaire inférieur à la Dalle nacrée précédemment attribué au Bathonien. J'avais déjà procédé ainsi dans mon étude sur le parallélisme des niveaux du Dogger, citée plus haut. Le Callovien du Plan de l'Eau mesure ainsi au moins 65 m., car le sommet n'est pas visible; toutefois le contact avec le Spongitien ne doit pas être bien éloigné du point où la galerie a rencontré les premières couches de Dalle nacrée. Au Furcil cette épaisseur, avec le complexe marneux inférieur, serait de 58 m., ce qui est bien rapprochant.

Voici comment s'établirait l'équivalence pour ces deux profils distants de seulement un kilomètre :

| Plan de l'Eau | | Furcil | |
|---|---|---|---|
| Dalle nacrée grise . . | 13m | Dalle nacrée supérieure | 25m |
| Dalle nacrée jaune, partie supérieure . | 12m | | |

| Plan de l'Eau | | Furcil | |
|---|---|---|---|
| Dalle nacrée jaune, partie inférieure . | 21m,5 | Marno-calcaire . . . | 6m |
| | | Dalle nacrée inférieure | 12m |
| Marnes et calcaires en alternances . . . | 18m | Marno-calcaire en feuillets . . . . . | 15m |

Ces dernières peuvent être considérées comme l'équivalent du Cornbrash.

Sauf quelques débris de Crinoides, il n'a pas été possible de découvrir des fossiles dans les matériaux extraits de la galerie, ni dans l'intérieur de celle-ci. La carrière qui se trouve presque immédiatement au-dessus de la galerie, sur le bord de la voie ferrée, m'a fourni par contre un certain nombre de bons fossiles qui permettent de fixer l'âge de cette formation. Quelques-uns ont déjà été mentionnés dans la « Description géologique des Gorges de l'Areuse ». Ainsi que le fait voir le profil géologique, cette carrière est ouverte dans les couches inférieures de la Dalle nacrée jaune, donc à la base des couches calcaires. C'est dans cette partie que la présence des débris de Crinoides donne à la roche une texture nettement spathique. La surface de certaines dalles est littéralement couverte d'articles de *Pentacrines*. Comme certains bancs sont séparés par des minces délits marneux, les articles et tronçons de tige se détachent assez facilement. Il a été possible de recueillir dans cette carrière des centaines de fragments de tiges très bien conservés, grâce au fait qu'on y avait laissé en dépôt pendant de nombreuses années des dalles extraites, dont la surface s'est ainsi délitée aussi complètement que possible.

Voici les fossiles que m'a fournis cette carrière, avec quelques remarques qui s'y rattachent :

*Reineckia,* non déterminable spécifiquement, deux fragments.

*Oppelia,* non déterminable spécifiquement, deux fragments.

*Belemnites,* paraissant appartenir à une forme très voisine du *Hastites hastatus,* Blv., 12 fragments.

*Belemnites latesulcatus,* d'Orb., un exemplaire entier.

*Alectryonia costata,* Sow., un exemplaire.

*Walheimia Ranvilleana,* Sow., un exemplaire.

*Cidaris gingensis,* Waag., petit radiole qu'il ne m'est pas possible de distinguer de l'espèce citée du Bajocien.

*Millericrinus,* cf. *impressæ,* Quenst., un exemplaire.

*Pentacrinus trabalis,* de Lor., sept segments de tige qui ne se distinguent pas de ceux des couches à *Rhynch. varians.*

*Pentacrinus Nicoleti,* Desor.

Les innombrables articles et fragments de tiges surtout, appartiennent pour le plus grand nombre à cette espèce que de Loriol a très bien définie dans sa « Monographie des Crinoides fossiles de la Suisse ». C'est l'espèce typique de la Dalle nacrée, autant dans le Jura neuchâtelois que dans le Jura bernois.

*Pentacrinus Brotensis,* de Lor., dix segments de tige.

Il a déjà été fait mention que le *Pentacrinus Brotensis*, de Loriol, cité comme provenant de Brot-Dessous (non Bras-Dessus, comme le dit l'indication de provenance dans la « Monographie des Crinoides fossiles »), se trouve en assez grande quantité dans la Dalle nacrée le long de la route de Brot-Dessous à Rochefort. Cette espèce est par contre moins abondante au Plan de l'Eau, ce qui n'est pas pour surprendre, puisque ces échinodermes aiment à se cantonner en grand nombre à l'exclusion presque complète d'autres espèces. Ce qui mérite cependant d'être relevé ici, c'est que le *P. Brotensis*, indiqué d'après les échantillons de la collection Jaccard, comme provenant du Bajocien (couches de Brot) n'a jamais été trouvé dans ce dernier terrain. Les échantillons types de la collection Jaccard proviennent certainement de la Dalle nacrée. L'erreur est attribuable au fait que Jaccard avait, en dernier lieu, réuni comme équivalents, le long de la route de Brot à Rochefort, les couches de Brot et la Dalle nacrée de cette zone, dont la superposition n'est pas visible, surtout si l'on fait abstraction de la faille de chevauchement qui fait surgir le Bajocien au niveau même de la Dalle nacrée et même plus haut. Cette confusion ressort des deux éditions de la feuille XI de la carte géologique suisse 1 : 100 000. Sur la première édition les couches de Brot sont indiquées comme Bathonien affleurant au-dessous de la Dalle nacrée, qui en formerait la bordure de part et d'autre, situation qui peut être admise comme normale, puisqu'elle correspond bien à la réalité, troublée seulement par le chevauchement de Brot. Mais sur la seconde édition de cette carte toute la Dalle nacrée dès le Furcil jusqu'à la route de Brot (à l'exception de celle de la colline du Mont à l'E. de Noiraigue et de celle qui domine Prépunel et Fretreule), y compris les couches du Furcil, la soi-disante Grande-Oolite, et les couches de Brot, sont réunies sous une même teinte, celle du *Bajocien* (J J). Ce dernier terrain toucherait anormalement au Jurassique supérieur sur sa bordure S. comme si un chevauchement anticlinal ayant agi exactement en sens contraire à celui que nous connaissons, avait poussé ces terrains profonds sur le flanc S. du pli. Il n'y a pas faute d'impression, car la teinte est celle du Bajocien et le monogramme J J figure bien à cet endroit. D'autre part, dans la « Monographie des Crinoides », de P. de Loriol, il est dit que le *P. Brotensis* se trouve associé avec le *Cidaris Zschokkei* qui se rencontre effectivement dans les couches de Brot, mais non dans la Dalle nacrée. La faune des couches de Brot est d'ailleurs facile à reconnaître comme équivalente avec celle des calcaires à polypiers qui se trouvent dans le Bajocien supérieur (Lédonien) d'autres parties du Jura. Je suppose donc que ne pouvant séparer stratigraphiquement les couches de Brot de celles qui appartiennent à la Dalle nacrée le long de la route de Brot-Rochefort, Jaccard a mélangé les fossiles de toute cette zone, d'où l'indication du *P. Brotensis* dans le Bajocien. Il ressort donc de ce qui précède que cette espèce provient bien de la Dalle nacrée et appartient au Callovien. Elle doit donc être rayée du Bajocien.

*Asterias* spec., trois plaques.
*Galeolaria socialis,* Sow.
Innombrables *Bryozoaires* qui attendent d'être étudiés.

Je puis ajouter encore que j'ai trouvé récemment dans la Dalle nacrée de Pouillerel et près de La Chaux-de-Fonds, un *Macrocephalites* qui ne me paraît pas se distinguer du *M. macrocephalus.*

Ces très modestes trouvailles paléontologiques permettent cependant d'affirmer aujourd'hui que la Dalle nacrée avec les alternances marno-calcaires subordonnées de la région des Gorges de l'Areuse et du Plan de l'Eau en particulier, représentent le Callovien. Elle y est immédiatement recouverte par l'Argovien inférieur (Spongitien), parce que le Divésien (Oxfordien) y fait défaut, et au-dessous des marnes calcaires, d'ailleurs stériles que je suis porté d'ajouter encore au Callovien, vient le Bathonien représenté par les marnes du Furcil.

Il n'est, par contre, pas possible de distinguer dans ce complexe de couches les divers niveaux paléontologiques qui existent dans d'autres régions dans le Callovien.

### Couches du Furcil.

Elles ont, entre le calcaire roux et la Dalle nacrée, une épaisseur de 62 m.

Le percement de la galerie du Plan de l'Eau n'a pas amené une bien riche moisson de fossiles, puisque la plus grande partie de ces couches a été enlevée par l'érosion et remplacée par un remplissage morainique. Quelques Brachiopodes ont été trouvés dans les déblais provenant de la partie inférieure.

Puisque la question se pose de savoir si le calcaire roux est bathonien ou bajocien, il me paraît utile, pour être complet, de donner ici la liste des fossiles trouvés dans les couches du Furcil entre Noiraigue et le Plan de l'Eau, en les séparant de ceux du calcaire roux marneux. Dans la liste de la « Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse » on a mélangé les fossiles de ces deux terrains.

D'après ce qui est dit dans cette publication, les marnes du Furcil se composent de trois niveaux :

1. Les marnes hydrauliques supérieures, 20 m.
2. Le massif marno-calcaire intermédiaire, 18 m.
3. Les marnes hydrauliques inférieures, 24 m.

L'épaisseur de ces dernières était inconnue jusqu'ici, parce que le contact avec le calcaire roux n'a encore jamais pu être

observé à la surface, tous les affleurements de ce dernier appartenant à la lame chevauchée. D'après l'épaisseur constatable par la percée de la galerie, cette partie inférieure doit mesurer 24 m.

Ces trois niveaux représentent dans leur ensemble, y compris le calcaire roux sous-jacent, l'étage du Bathonien.

Voici leurs équivalences spéciales :

| | Niveaux typiques d'Angleterre |
|---|---|
| Marnes hydrauliques supér. | Forest-marble et Bradford-Clay. |
| Massif marno-calcaire. | Great Oolite. |
| Marnes hydrauliques infér. | Stonesfield slate. |
| Calcaire roux. | Fullers-Earth. |

Il ne faut naturellement pas attribuer à ces équivalences une rigidité trop absolue. Les variations que nous avons eu l'occasion de mettre en lumière à propos de l'épaisseur de la Dalle nacrée doivent nous rappeler qu'il n'y a pas de limites stratigraphiques absolues et que même les limites des étages ne coïncident pas toujours ou même plutôt rarement avec des limites de fasciès, ceux-ci pouvant se déplacer assez rapidement. Je n'ai qu'à rappeler que dans la chaîne du Chasseron le massif marno-calcaire intermédiaire n'existe plus et que tout le Bathonien est ainsi marneux du haut en bas et qu'il n'y a là plus de Grande-Oolite à l'état de calcaire dur; dans la région de Tête-de-Ran, cette couche est remplacée par un banc de calcaire blanc subcompact oolitique ou spathique qui est donc un équivalent évident de la Grande-Oolite. Dans la chaîne de Pouillerel un nouveau massif calcaire semblable se place au milieu des marnes inférieures. Il y a donc là deux niveaux de Grande-Oolite, dont cependant le supérieur seul correspond à la Great-Oolite d'Angleterre. C'est donc doublement à tort qu'on avait désigné sous ce nom au Furcil le calcaire sous-jacent au calcaire roux, dont il sera question plus loin.

Voici la faune des couches hydrauliques du Furcil, telle qu'elle résulte soit des déterminations de M. le Dr Mod. Clerc, soit de nouvelles trouvailles faites depuis lors, elle rectifie et complète sur plusieurs points la liste donnée par M. Dubois et moi.

*Perisphinctes evolutus*, Neum.
*Moorei*, Opp.
*quercinus*, Terq. et Jourdy.
*Parkinsonia Parkinsoni*, Sow.
*ferruginea*, Opp.
*Neuffensis*, Oppel.

*Belemnites fusiformis*, Morr. et Lyc.
*Pleurotomaria obesa*, Desl.
*Cotteaui*, d'Orb.
*Natica Pelea*, d'Orb.
*Chemnitzia Niortensis*, d'Orb.
*Pholadomya Murchisooi*, Sow.
*ovulum*, Ag.
*angustata*, Sow.
*Gresslya abducta*, Phill.
*Goniomya V-scripta*, Sow.
*litterata*, Ag.
*Ceromya plicata*, Ag.
*Homomya gibbosa*, Ag.
*Anatina undulata*, Sow.
*Trigonia pullus*, Sow.
*costata*, Sow.
*Pleuromya Jurassi*, Brong.
*Arcomya lateralis*, Ag.
*Clapensis*, Terq. et Jourdy.
*cornuta*, Terq. et Jourdy.
*inflata*, Ag.
*Thracia oolitica*, Terq. et Jourdy.
*Cypricardia caudata*, Lyc.
*Isocardia tenera*, Sow.
*bullata*, Terq. et Jourdy.
*Lucina squammosa*, Terq. et Jourdy.
*Cucullæa concinna*, Phill.
*Macrodon elongatum*, Sow.
*Modiola gibbosa*, Sow.
*Lonsdalei*, Sow.
*imbricata*, Sow.
*Pinna ampla*, Sow.
*Lima Annonii*, Mér.
*Schimperi*, Branco.
*Avicula Munsteri*, Bronn.
*Pecten demissus*, Morr. et Lyc.
*Lens*, Sow.
*Ostrea Knorri*, Ziet.
*costata*, Sow.
*Rhynchonella varians*, Ziet.
*concinna*, Sow.
*tetraëdra*, Sow.
*Acanthothyris spinosa*, Schloth.
*senticosa*, de Buch.
*Terebratula perovalis*, Sow.
*Stephani*, Sow. (*T. submaxillata*, Desl.)
*globata*, Sow. et div. variétés.
*intermedia*, Sow.
*sphæroidalis*, Sow.
*Ferryi*, Desl.
*conglobata*, Desl.
*Furcilensis*, Haas.
*maxillata*, Sow.
*circumdata*, Desl.
*Waldheimia ornithocephala*, Sow.
*subbucculenta*, Chap. et Dew.
*digona*, Sow.
*lagenalis*, de Buch.
*Holectypus depressus*, Leske.
*Clypeus altus*, M'Coy.
*Collyrites ringens*, Ag.
*Asterias spec.*

**Calcaire roux.**

Ce niveau n'avait pas pu être reconnu jusqu'ici dans toute son épaisseur. Grâce à la galerie du Plan de l'Eau on sait maintenant qu'il mesure exactement 10 m. C'est un calcaire fortement marneux et délitable qui est primitivement de couleur gris-fer, mais qui prend à l'air une couleur brun-roux, par suite de l'oxydation de ses composants ferrugineux. Il est par place d'une richesse prodigieuse en *Brachiopodes*. Ils forment parfois presque lumachelle.

J'ai trouvé dans les déblais la plupart des fossiles déjà

connus des gisements du Furcil et du Pont de la Baleine, ainsi que de la tranchée du chemin de fer en amont de l'usine du Plan de l'Eau. Comme il y a eu quelques modifications dans la liste que nous avait communiquée M. Clerc qui a fait la détermination de ces fossiles lors de la publication du « Mémoire paléontologique[1] », je comprends dans l'énumération suivante également ceux de ces derniers gisements, afin d'avoir la faune complète. Ceux provenant de la galerie du Plan de l'Eau sont suivis de la lettre G et du nombre des échantillons trouvés.

*Belemnites giganteus*, Schl., G. [1 frag.
*spec.*, ind.
*Parkinsonia Garanti*, d'Orb.
*Parkinsoni*, Sow., G. 4.
*Perisphinctes Moorei*, Opp., G. 1.
*Oppelia subradiata*, Sow.
*Pleurotomaria armata*, Munst.
*Thracia oolitica*, Terq. et Jourdy.
*Gresslya abducta*, Phill.
*lunulata*, Ag., G. 2.
*gregaria*, Rœm., G. 1.
*rostrata*, Ag., G. 2.
*Pleuromya Jurassi*, Brong.
*decurtata*, Goldf., G. 2.
*teuistria*, Munst., G. 5.
*Homomya gibbosa*, Sow., G. 3.
*Vezelayi*, Laj.
*Goniomya scalprum*, Ag.
*Pholadomya Murchisoni*, Sow., [G. 14.
*Bucardium*, Ag.
*Arcomya cornuta*, Terq. et [Jourdy.
*inflata*, Ag., G. 5.
*sinistra*, Ag., G. 3.
*ensis*, Ag.
*Ceromya plicata*, Ag.
*Anatina undulata*, Sow.
*Isocardia tenera*, Sow.
*bullata*, Terq. et Jourdy.
*Unicardium depressum*, Mor. et [Lyc., G. 1.
*Astarte depressa*, Goldf., G. 1.
*Pinna ampla*, Sow.
*Modiola Lonsdalei*, Mor. et Lyc.
*imbricata*, Sow.
*gibbosa*, Sow., G. 4.
*gigantea*, Quenst.
*Gervillia acuta*, Sow.
*Lima helvetica*, Opp.
*duplicata*, Sow.
*semicircularis*, Goldf., G. 2.
*Ctenostreon pectiniforme*, Schl.
*Avicula echinata*, Smith.
*Munsteri*, Bronn, G. 1.
*Pecten ambigmus*, Munst.
*demissus*, Phill.
*vagans*, Sow., G. 1.
*lens*, Sow.
*Hinnites abjectus*, Phill.
*velatus*, Goldf.
*Plicatula lyra*, Laube.
*Ostrea Knorri*, Ziet.
*(Alectr.) costata*, Sow., G. 1.
*Marshi*, Sow.
*Gryphæa sublobata*, Desl.
*Terebratula maxillata*, Sow., [G. 19.
*sub-maxillata*, Morr.
*intermedia*, Sow.
*globata*, Sow., G. 60.
var. *Eudesi*, Op., G. 2.
*Fleischeri*, Op.
*Birdlipensis*, Wam.
*sphæroidalis*, Sow., G. 4.
*Feyrri*, Desl., G. 26.

[1] Mod. Clerc. « Etude monographique des fossiles du Dogger de quelques gisements classiques du Jura neuchâtelois et vaudois », *Mém. Soc. pal. suisse*, t. XXXI, 1904.

*Waldheimia carinata*, Lam., [G. 1.
*Mandelslohi*, Opp.
*subbucculenta*, Chap. et Dew.
*digona*, Sow.
*Rhynchonella concinna*, Sow., [G. 8.
*tetraëdra*, Sow.
*obsoleta*, Sow., G. 10.
*Acanthothris spinosa*, Schl., G. 2.
*Acanthothris senticosa*, de Buch.
*Clypeus Ploti*, Klein.
*altus*, M'Coy.
*Collyrites ringens*, Ag., G. 2.
*ovalis*, Leske.
*Acrosalenia spinosa*, Ag.
*Holectypus hemisphæricus*, Ag.
*depressus*, Leske.

**Bajocien.**

On ne connaissait jusqu'ici du Bajocien dans la région des Gorges de l'Areuse que le massif calcaire sous-jacent au calcaire roux et les couches à Brachiopodes et à Polypiers de Brot-Dessous. L'épaisseur du massif calcaire, dit Grande-Oolite, ne pouvait être estimé exactement pas plus que celle des couches de Brot qui sont le terrain le plus profond qui apparaît à la surface. La galerie de recherche d'eau a non seulement traversé l'ensemble du massif calcaire qui a été trouvé épais de 60 m., mais elle a pénétré encore sur plus de 100 m. dans les bancs sous-jacents, en traversant de part en part les couches de Brot.

Ainsi qu'il a été dit, ce massif calcaire n'est nullement le correspondant de Great-Oolite d'Angleterre, mais c'est l'équivalent de l'Oolite subcompacte de Thurmann, soit le Lédonien supérieur.

Il se compose à la partie supérieure de calcaire compact clair, très semblable comme aspect au calcaire du Séquanien. Il n'est cependant pas aussi régulièrement stratifié. Vers le milieu, il devient finement grenu et prend un aspect subspathique et une teinte jaunâtre avec taches grises. Vers la base c'est, avec le même grain, un calcaire gris, assez bien lité, très dur.

Dans son ensemble, ce calcaire Lédonien ou Bajocien supérieur est absolument privé de toute intercalation marneuse, il est presque partout fortement craquelé et a donné lieu à de nombreuses infiltrations d'eau, surtout près du contact avec le calcaire roux marneux et près de sa base à proximité des couches de Brot.

Si nous désignons sous le nom de couches de Brot le complexe avec nombreuses intercalations marneuses inférieur à ce massif calcaire, elles accusent une épaisseur d'environ 12 m. Il n'a malheureusement pas été possible de recueillir des fossiles dans les couches en place. J'ai trouvé par contre

dans les déblais les Brachiopodes et les Polypiers caractéristiques pour ce niveau.

Voici la succession des couches :

Marne grise assez tendre, $0^m,10$.
Calcaire gris à grain fin, $1^m,30$.
Marne grenue grise, $0^m,30$.
Calcaire gris à grain fin très dur, $1^m,20$.
Calcaire marneux gris, $0^m,40$.
Calcaire gris à grain fin dur, $4^m,50$.
Calcaire marneux gris alternativement dur et tendre, 4 m.

Au-dessous suivent environ 28 m. de calcaire spathique grossier, contenant des articles de *Pentacrines*. Ce niveau est très caractéristique comme formant la base des couches à *Brachiopodes* et à *Polypiers*. Il y a quelques intercalations marneuses peu épaisses. Puis on est rentré dans des calcaires grenus subspathiques à grain plus fin, de couleur grisâtre et très semblables à ceux du massif supérieur. La galerie les a traversés sur 45 m., ce qui fait une épaisseur d'environ 28 m. Ils sont séparés en deux massifs par un délit marneux. La dernière partie dans laquelle s'est arrêtée la galerie est un calcaire presque homogène. Ce qui distingue cependant ce calcaire de celui du massif supérieur, c'est sa division en couches minces. Cette circonstance rapproche ce terrain de celui qui forme la base des grands bancs de calcaire à *Pentacrines* de la carrière de Montperreux et qui passent vers le bas à des calcaires siliceux en plaquettes, qui forment le Bajocien inférieur. Il y a donc lieu d'admettre que cette galerie a traversé la plus grande partie du Bajocien.

Nous pouvons reconnaître dans le Bajocien quatre niveaux bien distincts :

1. Un massif calcaire supérieur, nommé à tort Grande-Oolite, c'est l'équivalent de l'Oolite subcompacte ou calcaire Lédonien, 60 m.

2. Les calcaires et marnes alternantes des couches de Brot, à Brachiopodes et Polypiers, 12 m.

3. Calcaires grossièrement grenus à Crinoides (brèche échinodermique, avec quelques intercalations marneuses, 25 m.

4. Calcaires à grain plus fin passant à des couches en lits minces, 28 m.

Si les couches de Brot correspondent au niveau à *Stephanoceras Huphriesi*, ainsi qu'il ressort de la découverte de ce fossile dans ce niveau dans la carrière de Crêt-Meuron sur la

route de la Vue-des-Alpes, alors le massif supérieur, la soi-disante Grande-Oolite, est le niveau à *St. Blagdeni*. Le calcaire à Pentacrines se placerait au niveau des couches à *Sononia Sowerbyi* et *S. Sauzei,* enfin les calcaires à grain fin et en bancs minces formeraient le passage au niveau à *Ludw. Murchisonæ,* soit le sous-étage Aalénien. Cette dernière relation est du moins rendue probable par la ressemblance avec la succession des couches dans la région des Convers et de Montperreux.

La relation réciproque entre les couches à *Brachiopodes* et celles qui contiennent les *Polypiers* dans le complexe des couches de Brot, mérite encore d'être prise en considération. Dans la description géologique des Gorges de l'Areuse, nous avions admis que ces fossiles étaient bien cantonnés dans deux niveaux superposés, si bien même que nous eûmes la malheureuse idée de placer dans le milieu même des couches de Brot la limite entre le Bathonien et le Bajocien. Cette conclusion ne m'a jamais paru bien logique et on a vu d'après ce qui est dit dans l'introduction à cet article qu'il faut ajouter au Bajocien non seulement les couches de Brot dans leur ensemble, mais encore toute l'Oolite subcompacte, si même il ne faut pas faire subir le même sort au calcaire roux.

Au fait, les couches de Brot ne renferment pas deux niveaux bien distincts. Leur épaisseur n'est que d'un peu plus de 10 m. et je n'ai jamais su y voir le cantonnement exclusif des Brachiopodes et des Polypiers en deux zones. Sur la route de la Vue-des-Alpes, dans la région du Chasseron, ainsi que dans la combe entre les Aiguilles de Baulmes et le Mont-Suchet (gisements des Crébillons, de Combettes et de Grange-Neuve), pas plus que dans le Jura méridional, on ne saurait distinguer d'une manière nette deux niveaux bien tranchés. Il y a partout association des Brachiopodes et des Polypiers, bien que parfois ces derniers soient plus abondants à la base de ces couches et les Brachiopodes plus nombreux au sommet.

Mon ancien assistant, le Dr J. Favre, ayant fait une revision des fossiles des couches de Brot, autant de la collection Jaccard, que de la mienne, je crois utile de donner ci-dessous ces nouvelles déterminations qui rectifient sur plusieurs points celles du mémoire de M. Dubois et moi, en la complétant sur d'autres :

*Cerithium abbas*, Hual.
*Nerinea*, sp., petits moules [nombreux.
*Cylindrites acutus*, Sow.
*Pseudomélania simplex*, Morr.
*Solarium*, sp. [et Lyc.
*Burguetia striata*, Sow.
*Astarte minima*, Phill.

*Arca æmula*, Phill.
*Gastrochæna fabiformis*, Terq. [et Jourdy.
*Lithodomus inclusus*, Phill.
*Opis lunulatus*, Sow.
*Avicula Munsteri*, Goldf.
*Pecten Dewalquei*, Opp.
*ambiguus*, Munst.
*retiferus*, Morr. et Lyc.
*lens*, Sow.
*Lima bellula*, Morr. et Lyc.
*duplicata*, Sow.
*Anomii*, Mer.
*impressa*, Morr. et Lyc.
*Ctenostreon pectiniforme*, Schl.
*Hinnites tuberculatus*, Goldf.
*Ostrea Wiltonensis*, Lyc.
*Alectryonia Marschi*, Sow.
*Asellus*, Mer.
*costata*, Sow.
*Terebratula Buckmanni*, Sow.
*Terebratula cadomensis*, Desl.
*simplex*, Buckm.
*perovalis*, Sow.
*Waldheimia subbucculenta*, [Chap. et Dew.
*Rhynconella obsoleta*, Sow.
*tetraëdra*, Sow.
*acuticosta*, Schl.
*Edwardsi*, Chap. et Dew.
*Pallas*, Chap. et Dew. (*Rh.* [*parvula*, Desl.)
deux espèces ind.
*Bryozoaires* (*Berenicea*).
*Cidaris Zschokkei*, Desor.
*cucumifera*, Ag. (*C. Courtau-* [*dina*, Cott.)
*Hemicidaris Langrunensis*, Cott.
*Pseudodiadema pentagonum*, [M'Coy.
*Clypeus Ploti*, Klein.
*Pentacrinus cfr Dargniesi*, Terq. [et Jourdy.
*Plaque d'Asterias*.

La comparaison avec les citations données par divers auteurs de la répartition de ces espèces permet de conclure très positivement à l'âge Bajocien. Onze espèces seulement sur quarante-quatre ont été citées jusqu'ici exclusivement dans le Bathonien; et parmi celles-là le *Clypeus Ploti*. En ce qui concerne cette dernière, la provenance du seul échantillon trouvé par moi-même est absolument certaine. Les nombreux beaux échantillons de cette espèce qui se trouvent dans la collection Jaccard, proviennent par contre du calcaire roux du Furcil.

Les trente-trois autres espèces ont toutes été déjà citées dans le Bajocien; deux se trouvent même déjà dans le Lias; onze sont connues exclusivement du Bajocien, et treize autres sont connues à la fois du Bajocien et du Bathonien; enfin, la *Bourguetia striata* s'élève jusqu'au Séquanien. On voit donc que cette faune présente bien plutôt un caractère intermédiaire entre le Bajocien et le Bathonien, puisque le nombre d'espèces exclusivement bajociennes est compensé par un nombre égal d'espèces connues seulement du Bathonien, et que presque toutes les autres sont communes aux deux étages. Mais il faut bien tenir compte qu'il s'agit d'une faune purement benthonique et que soit les Mollusques de cette caté-

gorie, soit les Brachiopodes peuvent avoir une assez grande extension verticale. Cette affinité de la faune des couches de Brot avec le Bathonien et le Bajocien est une raison de plus pour ne pas placer la limite du Bajocien plus haut que la base du calcaire roux, ainsi qu'il a déjà été motivé plus haut.

L'argument décisif pour nous est la présence du *Stephanoceras Humphriesi* dans la marne calcaire à Polypiers de Crêt-Meuron, niveau équivalent aux couches de Brot. Ces dernières n'ont d'ailleurs jamais fourni de Céphalopodes, dans aucun des gisements où existe ce faciès. Quant aux Polypiers des couches de Brot, je n'ai rien de nouveau à ajouter et renvoie à la liste déjà publiée (Gorges de l'Areuse).

### III. Le chevauchement de Furcil-Brot-Dessous.

J'espérais que la galerie du Plan de l'Eau traverserait d'une manière visible et évidente le plan de glissement du chevauchement latéral-anticlinal qui fait se superposer le Bajocien sur la tranche du Bathonien, du Callovien, de l'Argovien et même sur une certaine longueur du Séquanien. Je ne reviendrai pas sur la description locale et la découverte de ce remarquable accident, et renvoie pour cela au mémoire sur la région des Gorges de l'Areuse, partie tectonique. Ce chevauchement naît près du Furcil par la superposition isoclinale, quoique discordante, bien visible du calcaire roux sur les marnes du Furcil. Dès le Pont de la Baleine, c'est le massif calcaire inférieur qui s'y ajoute et dès lors on poursuit cette plaque calcaire sans interruption jusqu'à Brot et sur toute la surface du coteau de Chantemerle, où la superposition anticlinale du massif bajocien sur la série Bathonien-Séquanien peut être touchée du doigt. A cet endroit, l'importance du rejet ne doit pas être inférieure à 300 m. Au Furcil, il est tout au plus de 50 m. Sa valeur va donc en augmentant du S.E. vers le N.W. Dans la direction de l'axe de la galerie on trouve, au-dessus de l'ancienne route du Val-de-Travers, une ancienne exploitation des marnes du Furcil et un peu au-dessous de la route le massif calcaire chevauché disposés anticlinalement. On pouvait donc s'attendre à ce que la galerie traverserait dans la profondeur le contact anormal, puisqu'elle a pénétré dans la montagne jusqu'à une faible distance du contact anormal visible à la surface et que ce dernier forme un plan incliné vers le S.E.

Les relevés géologiques dans l'intérieur de la galerie n'ont pas répondu à cette attente, en ce sens que la série traversée

n'a pas présenté d'anomalie appréciable, au point de vue de la disposition tectonique des couches. Celles-ci, au lieu de se relever vers l'intérieur ou de conserver la forte inclinaison qu'elles ont à l'entrée dans la Dalle nacrée (67 à 75°) et encore au contact du calcaire roux avec le calcaire bajocien (65°), prennent vers l'intérieur des plongements de plus en plus faibles et à l'avancement, où les travaux furent arrêtés, elles n'ont plus qu'une inclinaison de 25°, et on se trouve à environ 40 m. de distance horizontale du contact anormal à la surface et à 148 m. au-dessous de ce point. La série du Bajocien que j'ai décrite dans le paragraphe précédent ne présente, dans la succession des couches, aucune irrégularité que l'on pourrait interpréter comme étant la continuation du plan de glissement du chevauchement de Brot. Le relevé détaillé de la paroi et du plafond de la galerie, à l'échelle de 1 : 100, n'a rien révélé qui pût être interprété comme la trace d'un chevauchement; il n'y a aucune discordance dans les couches et celles-ci ne présentent aucun autre changement dans leur disposition toujours concordante qu'un passage graduel vers un plongement toujours plus faible de l'extérieur vers l'intérieur, ainsi qu'il vient d'être dit.

Je dois donc conclure que, ou bien le plan de chevauchement s'il est incliné vers le S., donc parallèlement aux couches de la plaque chevauchée, n'atteint pas le niveau de la galerie; ou bien qu'il ne produit aucune discordance visible entre les couches chevauchantes et celles qui sont recouvertes par ces dernières; ou bien encore que le plan de glissement descend presque verticalement de la surface dans la profondeur et qu'il passe plus à l'intérieur de la montagne que la terminaison de la galerie.

Je suis porté à admettre comme inévitable cette dernière alternative; on ne doit pas avoir atteint le plan de glissement et il faut en conclure forcément que le chevauchement se dirige obliquement par rapport à l'axe de l'anticlinal, en sorte que l'épaisseur de la lame chevauchée augmente très rapidement à partir du Furcil dans la direction de Brot-Dessous. En accord avec cette modification, on constate que la lame chevauchée, qui est isoclinale au Furcil, devient anticlinale à l'approche de Brot-Dessous. Comme il faut expliquer cet accident par un affaissement de la partie dominante de l'anticlinal, par suite de l'effondrement du plafond d'une cavité formée au-dessous du faîte de l'anticlinal, la masse chevauchée aurait donc été passive. L'alignement oblique du plan de rupture et l'arrêt presque subit de l'accident à l'E. du coteau de Chante-

merle sont des circonstances qui militent en faveur de cette supposition.

C'est dans ce sens que j'ai construit les détails théoriques du profil spécial le long de l'axe de la galerie (voir la fig. 1).

## XXXVIII

## Note sur deux dents de Polyptychodon du Hauterivien supérieur.

(avec une planche)

Au commencement de l'année 1908, M. Léo Jeanjaquet, ingénieur à Cressier, me remit pour les collections du laboratoire de géologie un magnifique exemplaire de dent de reptile, trouvé jadis dans la pierre jaune de Neuchâtel (Hauterivien supérieur) exploitée au-dessus de Saint-Blaise. La date de la découverte de cet intéressant échantillon n'a pas pu être fixée, car la pièce en question est arrivée par héritage en la possession de M. Jeanjaquet. La provenance est cependant indubitable, autant par la personne même qui l'avait possédée antérieurement, que par la nature lithologique de la roche dans laquelle cette belle dent était encore à demie engagée.

J'ai réussi, avec beaucoup de peine et de précautions, à la dégager entièrement, sauf la partie basale restant adhérente à la roche, car la racine, moins résistante que la couronne couverte d'émail, a été apparemment décomposée ou résorbée au cours de la fossilisation. Il a donc fallu enlever une partie de la roche en la sciant. Cette dernière est bien la pierre jaune typique que l'on exploite au-dessus de Saint-Blaise dans les carrières de Hauterive. C'est cette lumachelle calcaire jaune ocre, composée de débris triturés de mollusques, d'échinodermes (oursins et crinoides) et surtout de bryozoaires, entremêlés de petites oolites et de grains de glauconite.

Peu de temps après, au cours d'une excursion avec mes étudiants, j'ai eu l'occasion d'acquérir, du contremaître L'Epée de la carrière Zumbach, une seconde dent appartenant selon toute apparence au même genre, mais bien plus usée. La racine avait été conservée, en partie du moins, mais comme cette pièce avait été dégagée de la pierre sans prendre les soins voulus, la racine s'était brisée et il n'en restait qu'une faible partie adhérente à la dent et quelques débris détachés insuffisants pour la restaurer.

En comparant ces deux dents avec les figures et descriptions de reptiles fossiles du terrain crétacique, contenus dans la littérature sur la matière, j'ai pu identifier ces dents avec celles du genre *Polyptychodon* de la famille des Plésiosaurides. Des dents et des ossements de ce genre de reptile ont été trouvés dans les couches du Crétacique inférieur, moyen et supérieur. Le genre *Polyptychodon* a été créé par H. v. Meyer (*Palæontographica,* t. VI, p. 3, pl. II); l'espèce qui a servi de type est le *P. interruptus.*

Owen décrit dans les *Mémoires de la Paleontographical Society d'Angleterre* (« Monograph on the fossil Reptilia », 1851-1864) de nombreuses dents de *Polyptychodon* appartenant à deux espèces, *P. interruptus* et *P. continuus,* provenant du « Lower Chalk » (Cénomanien), ou du « Greensand » (Albien), ou du Crétacique moyen; d'autres sont du « Lower Greensand » (Néocomien).

L'ouvrage de Pictet et Campiche, « Description des fossiles du terrain crétacé des environs de Sainte-Croix », 1858-1860, contient la description et des figures d'une petite dent attribuée au genre *Polyptychodon,* à côtes nombreuses et fines assez rapprochées, mais Pictet y pose en même temps la question de son appartenance au genre *Plesiosaurus,* puisque les restes d'ossements trouvés jusqu'ici dans le Néocomien moyen de Sainte-Croix, d'où provient aussi cette dent, appartiennent à ce dernier genre. Nous examinerons également cette question dans ce qui va suivre à propos des deux dents du Hauterivien de Saint-Blaise.

## Description.

*Grande dent* (fig. 1, pl. II). — Longueur totale visible, 80 mm.; longueur de la partie couverte d'émail, 60 mm.; la section est ovalaire; elle mesure 23 et 31 mm. à la base et 5 et 6 mm. au niveau de la partie usée du sommet. Un éclat latéral manque encore près du sommet, mais il y a par dessus des traces d'usure; cette cassure est donc antérieure à la fossilisation et survenue du vivant de l'animal (voir fig. 1[b]). Cette dent présente une inflexion correspondant à un rayon de courbure de 140 mm.

Les côtes qui garnissent la partie couverte d'émail, sont étroites et presque tranchantes, mais peu élevées, séparées par des intervalles plus larges qu'elles. Elles sont d'ailleurs inégalement réparties, car il existe du côté convexe un espace assez large sur lequel les côtes font défaut; mais ici l'émail est

Dents de Polyptychodon du Hauterivien.

*H. Schardt, phot.*

couvert de replis vermiculés peu saillants, dont sont également ornés quelques-uns des autres intervalles entre les côtes. Celles-ci sont à la base au nombre de 41 ; à la moitié de la hauteur il n'y en a plus que 27, dont 18 seulement atteignent le dernier quart de la hauteur. Près du sommet il n'y en a plus que 4, dont aucune n'atteint le sommet même ; elles s'arrêtent toutes brusquement, donc nullement par suite d'usure. Du côté concave de la dent, les côtes sont placées régulièrement à 1mm,5 à 2 mm. de distance ; mais à l'approche de la zone couverte de granulations et de vermiculations, elles s'espacent un peu, au moins l'une d'entre elles et on voit apparaître sur l'espace intermédiaire les mêmes vermiculations qui caractérisent la grande surface privée de côtes. Cette dernière a une largeur de 12 mm. à la base et de 8 mm. près du sommet tronqué. Celui-ci doit avoir perdu environ 13 mm. de sa longueur primitive, probablement par cassure et usure.

*Petite dent* (fig. 2, pl. II). — La longueur totale est de 50 mm. et la partie couverte d'émail mesure 40 mm. Ensuite d'une cassure sans doute, elle a perdu la partie terminale pouvant être évaluée à 40 mm. à 45 mm. Elle devait donc avoir eu primitivement une longueur presque égale à la grande dent ; toutefois elle n'appartient pas au même type, car sa forme paraît moins conique, bien que le rayon de courbure soit sensiblement le même. La surface de la cassure est nettement usée, de même que la surface de la partie couverte d'émail. Il s'ensuit que les côtes qui sont dans leur distribution semblables à celles de la grande dent, sont bien moins saillantes ; de même, les vermiculations de la surface de l'émail dans les intervalles plus larges des côtes, ainsi que sur la surface convexe privée de côtes, sont presque totalement aplanies, soit effacées par l'usure. Le grand diamètre est à la base de 22 mm., au sommet de 18 mm., tandis que le petit diamètre mesure à la base 19 mm. et au sommet 15 mm. Les côtes sont moins nombreuses, ainsi que le montre la figure 2 ; cela tient surtout au fait que celles-ci sont plus espacées et plus irrégulièrement distribuées, car les intervalles intercostaux couverts de vermiculations sont plus nombreux. On compte en effet seulement 26 côtes à la base de la surface couverte d'émail, 25 à la moitié de la hauteur et 12 au bord de la surface terminale usée, laquelle doit se trouver à peu près à la moitié de la longueur primitive. Cette réduction des côtes est peut-être en partie attribuable à l'usure complète de quelques-unes, surtout à proximité de la courbure convexe qui est sur une certaine surface parfaitement lisse et polie.

C'est peut-être aussi une particularité à ce type de dent, correspondant à un emplacement différent dans la mâchoire et non à une différence spécifique.

Il ne me paraît en effet pas douteux que ces deux dents doivent appartenir à la même espèce, si elles ne proviennent pas du même individu, puisque c'est dans la même couche et dans la même localité qu'elles ont été trouvées. Les différences sont trop minimes pour admettre qu'elles puissent appartenir à deux espèces différentes; elles ne dépassent pas d'ailleurs celles qu'on peut s'attendre à rencontrer dans la dentition d'un même individu.

Il me paraît indubitable qu'il s'agit bien de dents du genre *Polyptychodon* et non de dents de *Plesiosaurus*. C'est avec les dents figurées sous ce dernier nom que les deux échantillons que je viens de décrire, ont le plus d'analogie. Cependant, si un jour on venait affirmer que les *Polyptychodon* ne représentent en réalité qu'une variété du genre *Plesiosaurus*, l'analogie de la forme et des ornements de nos dents du Néocomien avec celles des *Plesiosaurus* n'en serait que plus justifiée. Pictet remarque d'ailleurs que les ossements de reptiles marins trouvés dans le Néocomien appartiennent exclusivement au genre *Plesiosaurus*. S'il y a là une présomption pour supposer que les dents trouvées dans les mêmes couches doivent appartenir également à ce genre, cette coïncidence est cependant loin d'être une preuve; ainsi raisonne Pictet en classant l'échantillon unique trouvé dans le Néocomien moyen de Sainte-Croix dans le genre *Polyptychodon*. Il relève à ce propos que cet échantillon appartient au type du *P. continuus,* caractérisé par des côtes larges à surface plane, séparées par des sillons étroits, tandis que le type du *P. interruptus* offre au contraire des dents à côtes étroites, tranchantes et espacées, séparées par des intervalles plus larges qu'elles-mêmes. C'est bien à ce dernier type qu'appartiennent les deux dents du calcaire hauterivien de Saint-Blaise. Elles diffèrent en effet très nettement de l'échantillon de Sainte-Croix, d'abord par le caractère que je viens de mentionner, puis encore par le nombre des côtes que Pictet indique comme étant de 50, pour un échantillon bien plus petit que les nôtres; en outre, la dent de Sainte-Croix ne présente pas cette courbure que nous constatons chez les deux dents de Hauterive.

La comparaison avec les dents de Polyptychodon décrites par Owen, ne permet pas une identification absolue. Les dents figurées sous le nom de *P. interruptus* sont bien plus

coniques et plus recourbées et leur section est presque circulaire; les côtes paraissent atteindre en outre la pointe, alors qu'elles s'arrêtent chez la grande dent de Hauterive au moins 15 mm. avant celle-ci. Il s'agit donc probablement d'une espèce nouvelle qu'on pourrait nommer *Polyptychodon neocomiensis*.

## XXXIX

### Note sur un éboulement survenu à La Neuveville le 11 février 1909.

Cet événement absolument inattendu, dont les journaux ont rendu compte, est cependant fort explicable au point de vue géologique, et il est même surprenant que l'endroit en question n'ait pas été plus souvent antérieurement le siège, sinon de vrais éboulements, du moins de chute de blocs isolés. On cite en effet un éboulement moins important qui a eu lieu, il y a une vingtaine d'années, au même endroit.

Il s'agit de la chute d'un volume important de calcaire portlandien qui se tenait littéralement suspendu sur une surface de stratification inclinée de 40° et passant plus bas à 60°. L'accident s'est produit le 11 février 1909, à 5 heures du soir, sans aucun signe précurseur; à preuve que quelques jeunes gens qui se trouvaient dans un pavillon tout à proximité, ne se doutaient de rien et n'en furent que plus effrayés par la chute de la masse rocheuse, heureusement sans suite pour eux, tandis qu'un autre pavillon fut écrasé par les blocs. Le roulement de ceux-ci fit tant de bruit que les habitants de La Neuveville crurent un moment à un tremblement de terre.

Le profil géologique ci-joint (n° VII de la série p. 359) montre la situation. Dès le bas du coteau, où s'étalent les vignes au-dessus du faubourg de La Neuveville, on trouve un premier petit escarpement formé par le calcaire dolomitique saccharoide du Portlandien supérieur, dont les bancs sont inclinés de 70°. La moraine, qui forme la surface du coteau inférieur, cache donc le Purbeckien et le Néocomien. En effet, un peu à l'ouest de cet endroit, à la cote 473 de la carte 1 : 25 000, se voit, au-dessous de la route, un affleurement de calcaire valangien inférieur, d'où s'échappe une importante source, qui actionne une usine, ainsi qu'une autre source servant à l'alimentation de la ville. Le palier qui se trouve juste au-dessus correspond donc aux marnes inférieures du Valangien et à

celles du Purbeckien. Le calcaire portlandien supérieur, continuation de celui que je viens de mentionner, forme ici également une pente rocheuse, un peu plus haute. Un second palier, sur lequel s'est arrêtée la plus grande partie de l'éboulement, se trouve au-dessus de ce petit escarpement, à la cote moyenne de 500 m. Ce sont les calcaires dolomitiques marneux en plaquettes de la base du Portlandien supérieur qui le déterminent. Il est occupé également par des vignes, des jardins et des vergers. La surface rocheuse presque lisse qui suit, et sur laquelle l'éboulement s'est précipité, est formée par les calcaires en bancs réguliers du Portlandien moyen; il est reconnaissable facilement par sa pâte fine et homogène à teinte gris-clair parsemée de marbrures jaunâtres ou parfois rougeâtres. C'est une pierre de construction très recherchée, connue sous le nom de « roc du Jura ».

C'est une plaque épaisse de 4 m. en moyenne qui s'est détachée au-dessus de la pente lisse, à une hauteur allant de 546 à 540 m. Elle a donc accompli une chute de près de 50 m., avant de rencontrer le premier palier. Le sol n'étant pas gelé et au contraire détrempé, les gros blocs s'y enfoncèrent profondément et un petit nombre seulement purent bondir par-dessus le petit escarpement et s'éparpiller dans les vignes des Baumes. En particulier, il y en a un parmi eux cubant au moins 30 m$^3$.

La surface d'arrachement est fort bien visible de loin et sa limite inférieure est marquée par une bande de terre avec quelques restes de buissons qui avaient pris racine dans le délit même par lequel la masse éboulée adhérait au banc sous-jacent. Celle-ci a la forme d'une plaque triangulaire ayant une base de 20 m. et une hauteur égale. Cela donne avec une épaisseur de 4 m. un cube de 800 m$^3$.

Il est certainement rare de rencontrer dans le Jura des éboulements de cette importance. Cependant les bords du lac de Bienne sont sous ce rapport bien plus favorablement situés que toute autre région. Les couches qui forment le flanc S.E. de la chaîne du lac sont, sur toute la longueur entre La Neuveville et Bienne, très fortement inclinées; l'érosion glaciaire a démantelé leur pied, en enlevant non seulement sur presque toute la hauteur, aujourd'hui émergée, la bordure tertiaire et néocomienne, mais à certains endroits les couches du Jurassique supérieur ou du Valangien plongent avec 40 à 60° sous le niveau du lac. On connaît l'éboulement préhistorique de Wingreis, dont les débris émergent encore actuellement des vignes, tandis qu'on voit fort nettement la région d'arrache-

ment sous forme d'une pente abrupte, où une masse de calcaire portlandien en position verticale doit s'être renversée. Dans la région entre Gléresse et Bienne nombre d'éboulements doivent être tombés directement dans le lac. Un éboulement causé artificiellement par l'exploitation imprudente du calcaire valangien a obstrué, il y a quelques années, la route et la voie ferrée près de Daucher. Il s'est produit le matin du 15 avril 1903 et représentait un volume de 7000 à 8000 $m^3$ [1]. Entre Gléresse et Douanne, la Hohe Fluh près de Bipschal est dans une situation des plus menaçantes en apparence, tout le rocher repose sur une ancienne surface de glissement. Le Känzeli, au S.W. de Daucher, a donné lieu plus d'une fois à des craintes, car ce rocher, Valangien aussi, comme la Hohe Fluh, a un aspect menaçant; son pied a été sapé pour la création de la route cantonale et une surface de glissement se trouve à sa base. Récemment on en a fait sauter une certaine partie de peur qu'il se produise un éboulement pouvant recouvrir le chemin de fer.

C'est cette même région qui a été le siège, peu après le soulèvement du Jura, mais avant l'époque glaciaire, de phénomènes de glissements de rocher ayant conduit à la formation des remarquables intercalations de marne hauterivienne et d'autres roches dans des excavations du Valangien inférieur, glissements qui sont aussi attribuables à la trop forte inclinaison des couches dans toute cette zone.

Dans la formation de l'éboulement de La Neuveville en février 1909, de même que de celui qui doit avoir eu lieu il y a une vingtaine d'années, l'influence des agents naturels n'est pas la cause unique. La situation suspendue de ce rocher au-dessus d'une pente toute faite pour servir facilement à l'exploitation de pierre de construction, m'a fait penser qu'il pourrait y avoir eu là une ancienne carrière. On m'a affirmé, à La Neuveville, qu'il en était bien ainsi et que la pierre ayant servi à l'édification de bon nombre de constructions et de monuments de cette ville, en particulier de la Tour carrée, provenait de cet endroit.

[1] Indication de M. l'ingénieur R. Rychner, inspecteur des C. F. F., à qui je présente ici mes remerciements.

## XL

### Découverte d'un chevauchement sur le flanc de la chaîne du lac près de La Neuveville.

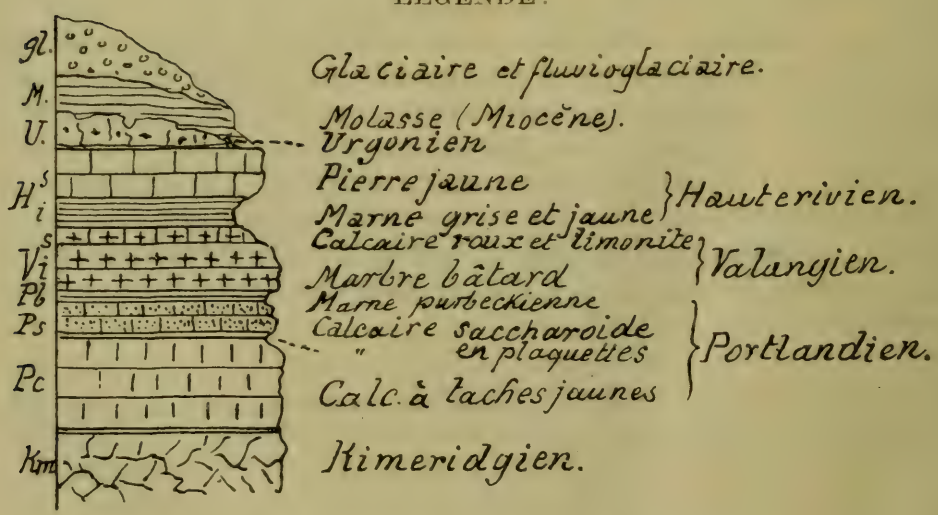
(avec huit profils et légende)

En explorant le coteau escarpé en amont de la région où a eu lieu l'éboulement qui fait l'objet de la note précédente, je fus frappé par une anomalie qui ne paraît pas avoir attiré l'attention jusqu'ici. Au sommet de ce rocher se trouve, à l'intérieur d'un contour de la route de Lignières, à la cote 613 m., une carrière dans laquelle on exploite du calcaire clair à taches jaunes du Portlandien moyen. Cela n'a rien de surprenant, puisqu'on vient de voir que le rocher dont s'est détaché l'éboulement est constitué en entier de ces bancs. Il est plutôt étrange que dans cette carrière les couches, au lieu d'avoir le fort plongement qu'on remarque plus bas (40°),

*Fig. 2-9.*

Huit profils géologiques
par la zone du chevauchement de La Neuveville.

LÉGENDE:




Echelle 1:10 000.

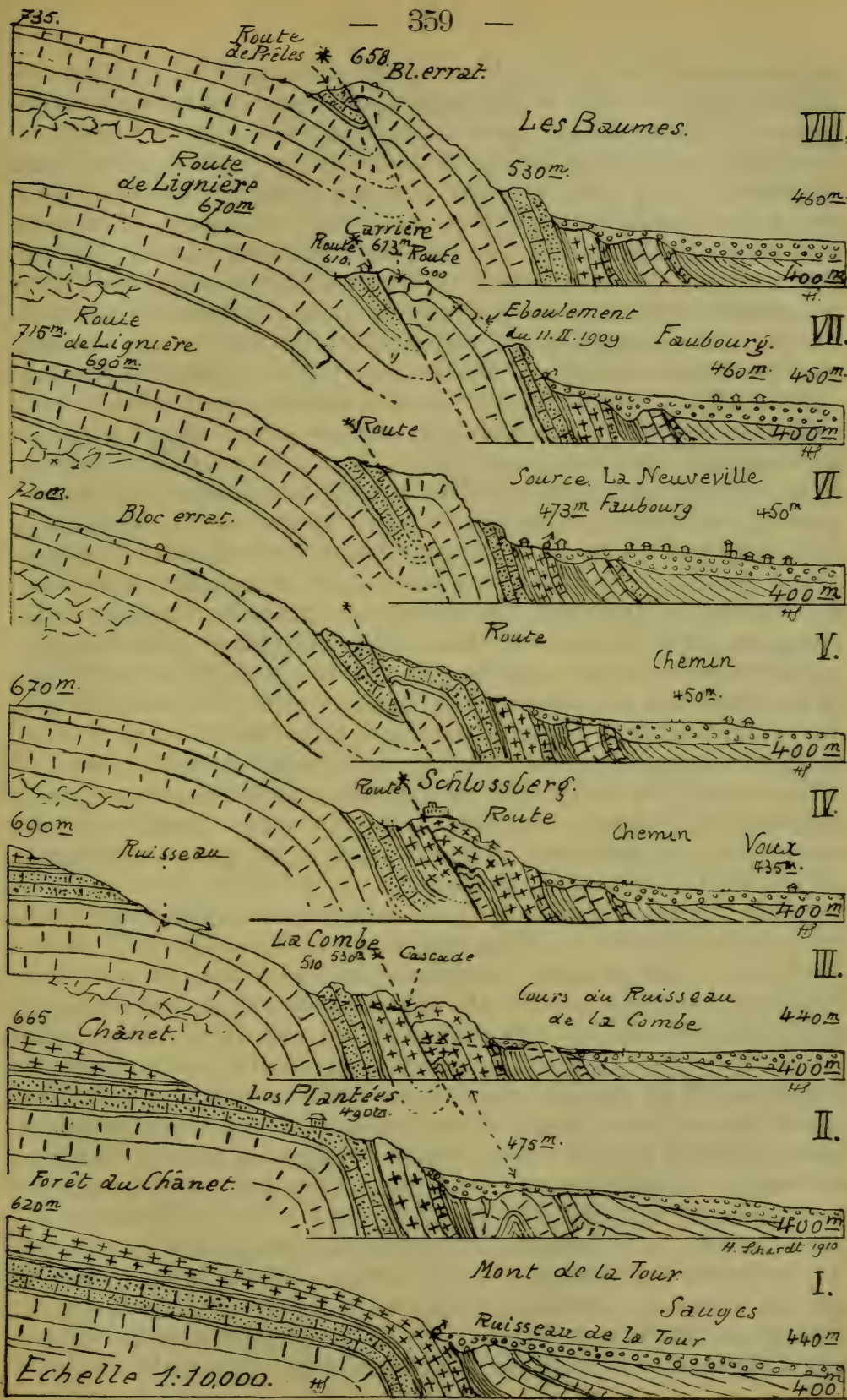

735.
Route de Prêles
658
Bl. errat.
Les Baumes.
VIII.
530m.
460m.
Route de Lignière
670m
Carrière
Route 610.
613m
Route 600
400m
Eboulement du 11.II.1909
Faubourg.
VII.
Route 715m. de Lignière 690m.
460m.
450m.
Route
400m
Source. La Neuveville
VI.
720m.
Bloc errat.
473m
Faubourg
450m
400m
Route
Chemin
V.
670m.
450m.
400m
Route
Schlossberg.
IV.
690m
Route
Chemin
Voux
Ruisseau
435m.
400m
La Combe
510
530m
Cascade
III.
Cours du Ruisseau de la Combe
440m
665
Chânet.
400m
Les Plantées.
490m.
II.
475m.
Forêt du Chânet.
620m
400m
H. Schardt 1910
Mont de la Tour
I.
Sauges
Ruisseau de la Tour
440m
Echelle 1:10,000.
400.

Fig. 2-9.

ne présentent qu'à peine 10° et sont, au surplus, parcourues de plans de glissement et en particulier d'un contournement en forme de synclinal qui vient butter contre une superbe surface de glissement. Mais la circonstance qui est particulièrement embarrassante, c'est que derrière les maisons bâties à l'intérieur du deuxième lacet de la route au-dessus de la cote 613 m., se trouve, avec le plongement normal de 40°, le calcaire saccharoide que nous avons constaté précédemment sur le calcaire à taches jaunes que nous avons nommé Portlandien moyen. La superposition de ce dernier sur le dit calcaire saccharoide est hors de doute, une petite combe l'en sépare cependant, et comme d'autre part ce calcaire grenu est la continuation directe du Portlandien supérieur sur lequel s'appuie le Valangien inférieur qui forme le rocher du Schlossberg, il ne saurait en aucun cas être considéré comme plus ancien que le calcaire de la carrière en question. La situation est tellement évidente qu'en approchant de la dite carrière, avant d'avoir examiné ce calcaire, je m'attendais à y trouver du Valangien inférieur, formant un lambeau synclinal. Le plongement différent et la trace d'une courbure synclinale me paraissaient presque concluants. Or, il fallut reconnaître que la situation est réellement bien plus compliquée. Ce calcaire de la carrière est bien positivement du Portlandien moyen et forme la continuation directe des couches de la paroi de l'éboulement. Il s'ensuit d'une manière indubitable que nous sommes en présence de *deux séries de couches portlandiennes, superposées par suite d'un chevauchement,* ainsi que le représente le profil VII de la série p. 359.

Cette impression a été absolument confirmée par une exploration détaillée de la région au S.W. et au N.E. de ce profil. En poursuivant les affleurements dans la direction du S.W. on constate que le Portlandien supérieur qui forme le gradin au-dessous de l'éboulement, se rapproche de la zone que nous avons constatée derrière les maisons sur la route de Lignières et la rejoint exactement à l'E. du Schlossberg. La masse de calcaire portlandien taché moyen qui est comprise entre les deux (profil VI) se réduit de plus en plus en largeur et finit naturellement par se terminer en biseau, en s'enfonçant sous le calcaire saccharoide, un peu à l'E. du point de jonction des deux bandes de Portlandien supérieur (profil V). A partir du Schlossberg vers l'ouest, c'est la bande interne qui se continue seule et c'est contre elle que s'appuie le Valangien du Schlossberg et de la zone interrompue de ce terrain qui se continue jusqu'au Landeron. Il semblerait donc

qu'avec l'apparition du Valangien au Schlossberg le chevauchement s'arrête définitivement. Mais il n'en est pas ainsi.

L'examen du rocher du *Schlossberg* (profil IV) m'a montré qu'il y existait deux complexes de calcaire valangien inférieur. Le complexe extérieur est la continuation de la bordure de ce terrain que nous avons reconnu dans le précédent article et d'où s'échappe la grande source de La Neuveville. Ses couches sont très inclinées (70°) au pied du coteau jusqu'au-dessous du château; puis on les voit distinctement se replier presque à angle droit et prendre une position bien moins inclinée (22 à 20°); elles rappellent en cela la disposition du Portlandien de la masse chevauchée (profils V-VII). Enfin, au bord de la route, à l'W. du château, on voit apparaître subitement des couches de calcaire valangien inférieur avec plongement de 48°. Le contact entre les deux est franc et discordant, bien qu'une bande de gazon les sépare. C'est ce dernier Valangien qui vient de se placer, avec la combe purbeckienne intermédiaire, contre le calcaire grenu du Portlandien supérieur de la zone interne, car celui de la zone externe s'est enfoncé, au N.E. du château, sous le Valangien du premier complexe, dont il est également séparé par du Purbeckien, celui qui se trouve en amont de la source de La Neuveville. Du côté W. aucun de ces deux terrains ne vient plus au jour, le contact par chevauchement se fait Valangien contre Valangien (profils III et IV). Il est cependant fort probable, sinon évident, que le rejet de ce chevauchement paraît se réduire considérablement et que cet accident tend à s'éteindre totalement dans la direction du Landeron, c'est ce qu'une exploration du coteau au-dessous des Plantées et des Combettes permet de constater très positivement; on n'y voit plus trace de cette dislocation. D'ailleurs le rocher valangien du Schlossberg se place manifestement comme une verrue sur la bordure néocomienne qui se prolonge du côté du Landeron. En descendant le long de la cascade du ruisseau de la Combe, on voit encore le contact du Valangien fortement incliné à droite et faiblement à gauche. Dès l'endroit où ce petit cours d'eau coule au milieu d'un petit vallon transversal, on constate que les deux flancs de ce vallon ne sont pas semblables. A gauche c'est la « verrue » du Valangien chevauché, avec son flanquement hauterivien dont on voit un affleurement de pierre jaune dans les vignes, tandis qu'à droite se voit un coteau peu accidenté, contrastant avec la masse escarpée sur l'autre rive. La bordure de pierre jaune qui vient d'être mentionnée se poursuit sur la rive droite, mais à une distance considérable du

Valangien de la paroi sous les Plantées qui appartient à la zone interne. En le suivant pas à pas, le long des affleurements qu'il est possible de trouver, on constate qu'il passe peu à peu d'un plongement S.E. à un plongement N.W., dessinant ainsi un anticlinal, exactement en face de la masse valangienne chevauchée. Mais il y a mieux : sans retrouver de la pierre jaune redressée en sens inverse, on rencontre à peu de distance de ce point de la marne hauterivienne redressée et fortement laminée; elle est appliquée contre du Valangien supérieur qui lui-même est appliqué avec un plongement de 70° contre le Valangien inférieur, prolongement du complexe interne du Schlossberg. L'anticlinal de Hauterivien est donc l'équivalent du Valangien du complexe externe du Schlossberg et si entre cet anticlinal et la marne hauterivienne, il n'y a pas de synclinal régulier, ce qui n'est pas démontré, il est possible qu'il y ait ici chevauchement de Hauterivien sur Hauterivien. Si, au contraire, il y a un synclinal régulier, on en doit conclure que le chevauchement, ensuite de la réduction de son rejet de ce côté, tend en outre à se transformer en un simple pli anticlinal accessoire. Celui-ci s'aplanit à son tour et passe probablement au pli monoclinal si remarquable que dessine le Néocomien au-dessus du Landeron (comparez les profils I, II et III).

Je constate qu'en ce qui concerne la disposition du Valangien au Schlossberg, Gilliéron avait déjà dessiné très fidèlement sur la planche annexe à la description des fossiles du Landeron [1], le contact discordant des deux complexes de Valangien inférieur sous le Schlossberg; dans un profil plus étendu, il figure le Schlossberg comme un anticlinal avec de la limonite comme calotte et dans une convergence synclinale des couches. C'est cette dernière disposition que je n'ai su voir nulle part. Derrière le Schlossberg il y a bien une dépression, mais elle est due à la présence des marnes du Purbeckien sous le complexe interne. Dans la gorge de la cascade, il n'y a nulle part de la limonite serrée entre les deux complexes, bien que ce ne serait pas impossible. On y voit par contre de la brèche de dislocation sur le plan de glissement. Le large ravin transversal du ruisseau de la Combe est précisément creusé à l'endroit où le chevauchement passe à un anticlinal avec synclinal intermédiaire (profils II et III).

Que devient cette dislocation à partir de l'endroit sur la

[1] P. de Loriol et V. Gilliéron. « Monographie paléontologique et stratigraphique de l'étage Urgonien du Landeron », *Mém. Soc. helv. sc. nat.*, t. XXIII, 1869, pl. VIII, fig. VII.

route de Lignières où nous en avons fait la première constatation? Evidemment il doit se continuer et j'ai consacré deux excursions dans le but d'en reconnaître les allures. La reconnaissance est ici assez laborieuse, parce que la carte topographique peu exacte rend l'orientation difficile, en dehors de la route bien repérée; puis le contact de la masse chevauchée externe avec la partie interne se fait bientôt Portlandien moyen contre ce même terrain, en sorte que la trace du contact anormal exigerait un relevé extrêmement détaillé. La présence d'une épaisse forêt et l'absence du tracé des sentiers sur la carte topographique ne permet pas de faire un tel relevé avec assez de précision.

Il est cependant facile de constater que le long de la route de Lignières jusqu'à la bifurcation de celle de Prêles, où gît, près de la cote 658 m., un grand bloc erratique de Protogine portant une inscription, la trace du contact anormal suit à peu près parallèlement à la route et en dehors de celle-ci. A la bifurcation même il y a d'un côté du Portlandien moyen, sur lequel est le bloc, et de l'autre du calcaire saccharoide; la lame chevauchée a ici au moins 200 m. de largeur (voir profil VIII). Le contact passe ensuite du côté externe de la route et traverse sur les Finages de Louvain, où l'on a d'un côté du Portlandien supérieur et de l'autre, aux Longues Rayes, du Portlandien moyen. Mais il faudrait une exploration systématique de cette région assez vaste et fortement boisée pour arriver à établir un tracé exact du parcours de cette singulière dislocation, laquelle ne fait qu'augmenter dans cette direction. Il ne semble pas même qu'elle s'arrête à la gorge de la Douanne, mais elle pourrait bien se modifier, attendu qu'au-delà de cette coupure le flanc S.E. de la chaîne du lac présente dans le Portlandien au moins deux zones de contournements énergiques qui me paraissent correspondre à une poussée ayant tendance à faire chevaucher ces couches les unes sur les autres; il est donc probable que le chevauchement se transforme en plissements multiples.

Il y a encore bien des découvertes à faire dans le Jura. Le chevauchement de La Neuveville est une des dislocations les plus remarquables que je connaisse, bien qu'elle soit restée presque insoupçonnée jusqu'ici.

## XLI

## Le cours souterrain de la Ronde (La Chaux-de-Fonds)

(avec quatre clichés)

Tandis que le vallon du Locle, qui déversait autrefois ses eaux par un emposieu à débit souvent insuffisant, a été mis à l'abri des inondations par le creusement, il y a plus d'un siècle, d'une galerie à travers la barrière du Col-des-Roches, le vallon contigu de La Chaux-de-Fonds, bien moins riche en eau, a eu à faire face à des inconvénients d'un autre genre, inconvénients qui résultent surtout du développement de sa population et de l'insuffisance de la dilution de ses égoûts.

Au milieu de la ville de La Chaux-de-Fonds jaillit une source, connue sous le nom de la « Ronde ». Ce nom est assez répandu dans le Jura et désigne une eau jaillissant au milieu d'un petit étang circulaire. Elle est aujourd'hui cachée dans les souterrains d'un bâtiment.

Pendant longtemps c'était la seule ressource en eau potable courante, en dehors des innombrables puits et citernes au moyen desquels la population, demeurant à trop grande distance de la source bienfaisante, cherchait à s'alimenter en eau potable, jusqu'au moment de l'adduction de l'eau des sources des Gorges de l'Areuse (27 novembre 1887).

Les abords du vallon de La Chaux-de-Fonds étant composés de calcaire jurassique supérieur fissuré et absorbant sont absolument privés d'eau. Pour eux il n'y a pas même la ressource des puits, les citernes collectant l'eau des toits constituent là le seul moyen de se procurer de l'eau. Il s'en suit que la fontaine ronde de La Chaux-de-Fonds doit prendre naissance dans la zone médiane de ce haut vallon et se collecter dans le remplissage de calcaire d'eau douce œningien, lequel repose sur une couche de marne rouge et bariolée, ayant elle-même pour base la Molasse marine. C'est sur cette assiette imperméable que le calcaire d'eau douce concentre les eaux qu'il absorbe à la surface, soit directement, soit au-dessous d'une couche de tourbe. L'emplacement de la source de la Ronde marque probablement la terminaison N. de ce terrain et la sortie de terre du cours d'eau souterrain dirigé vers le côté N. du vallon, tandis que du côté des Eplatures une autre partie des eaux pouvait s'écouler souterrainement

dans la dépression du Locle, inférieure de 50 m. environ au plateau de La Chaux-de-Fonds.

La Ronde a un débit relativement considérable; on l'estime en temps assez sec à 150 à 200 litres par minute. Elle alimenta pendant longtemps un ruisseau superficiel qui se perdait sous terre en amont de la combe du Valanvron, après avoir serpenté à travers le fond marécageux du vallon. Augmenté des eaux pluviales temporaires, il était assez volumineux pour mettre en activité deux usines, une scierie et le moulin de la Ronde, dont les roues motrices étaient placées dans des excavations souterraines, afin de créer ainsi la chute nécessaire à la production de la force motrice. La scierie a aujourd'hui totalement disparu et il n'existe plus que le bâtiment du moulin, dont les meulières ont depuis longtemps cessé de tourner. Cette installation est déjà citée en 1665.

Le ruisseau, ou Bied de la Ronde, n'existe plus aujourd'hui. Déjà au commencement du XIX^me^ siècle la construction d'un égoût détruisit complètement les nombreux poissons qui peuplaient ses méandres et surtout les étangs d'accumulation qui existaient près des Moulins. Depuis lors il a été canalisé et remplacé par un canal souterrain, de 2 m. de diamètre, l'égoût collecteur de la ville; les étangs et les canaux d'adduction furent comblés et à côté des moulins furent construits les anciens abattoirs. Ces divers travaux de canalisation ont été faits de 1866 à 1885.

Au début, l'eau de cet égoût continuait à s'écouler par les emposieux en passant par les étangs servant de dépotoirs, après qu'en 1869 la commune avait acheté les moulins, afin de les désaffecter. Mais les emposieux s'obstruèrent peu à peu, surtout par l'accumulation de corps flottants, celui de la scierie d'abord à cause de la sciure et les débris de bois, celui du moulin ensuite, et on s'aperçut déjà en 1874 que les caves de ce bâtiment s'inondèrent en certains moments.

Dès lors les égoûts s'écoulèrent bientôt en permanence par la combe du Valanvron et le canal souterrain fut prolongé jusqu'à l'entrée de celle-ci, bien que momentanément une nouvelle ouverture absorbante, découverte au cours des travaux, put être utilisée. Son obstruction fit définitivement prendre à l'eau le chemin de la combe. Depuis que La Chaux-de-Fonds dispose d'une ressource d'eau potable et ménagère d'environ 4000 l. m., dont naturellement presque la totalité s'écoule par les égoûts avec l'appoint de l'ancienne source, la Ronde est devenue un véritable ruisseau, même aux plus basses eaux, lorsqu'il n'y arrive point d'eaux pluviales. Mais

en même temps la transformation complète du système des égoûts particuliers, les nombreuses buanderies et les industries diverses, à citer entre autres l'usine à gaz qui déversait au début le goudron de la houille dans l'égoût, ont complètement modifié la composition de ce qui était jadis le limpide ruisseau de la Ronde. Il s'y mélange une proportion bien plus forte de matières solides, en bonne partie non décantables, mais surtout agglomérables. Le canal fermé a été prolongé ensuite sur une certaine longueur dans l'intérieur de la combe et muni d'un radier sur une distance encore plus grande. Puis les propriétaires riverains, dont les terrains n'étaient autrefois parcourus que temporairement par de l'eau pluviale, ont présenté des réclamations contre ce ruisseau permanent d'eau fangeuse et désagréable qui s'est développé peu à peu sur près de 7 km. de longueur à ciel ouvert, en formant en plusieurs endroits des étangs d'une assez grande étendue et se terminant dans un lac temporaire au Cul des Prés au-dessus de la combe de Biaufond.

Divers projets de dérivation ont été présentés ensuite de ces circonstances, provoquées par les réclamations des propriétaires riverains, appuyés par une intervention de l'Etat de Berne, la combe de Valanvron et de la Ferrière étant en partie sur territoire bernois. (Voir le croquis, fig. 10.)

L'un des projets prévoyait la canalisation couverte du ruisseau sur toute la longueur de la combe du Valanvron et de la Ferrière et de celle de Biaufond, soit sur près de 10 km.

Mais on pouvait aussi songer à faire une dérivation plus directe, au moyen d'une galerie suivant deux tracés :

1° Par un tunnel partant du haut de la combe du Valanvron et aboutissant à la combe de la Greffière au-dessus de la vallée du Doubs. Longueur $2^{km},350$.

2° Par une canalisation fermée suivant le fond de la combe du Valanvron jusqu'au coude de celle-ci au-dessous de la Monsenière et un tunnel à partir de ce point jusqu'à la combe du Corps de Garde au-dessus de la Maison-Monsieur. Longueur de la canalisation dans la combe $2^{km},500$, du tunnel $1^{km},500$.

Dans l'un et l'autre cas, on pouvait prévoir une utilisation de l'eau comme force motrice avec une chute disponible de 300 m. environ.

Ayant été consulté par les autorités de La Chaux-de-Fonds sur les moyens à mettre en pratique pour obvier à ces divers inconvénients, j'ai procédé à plusieurs explorations et essais

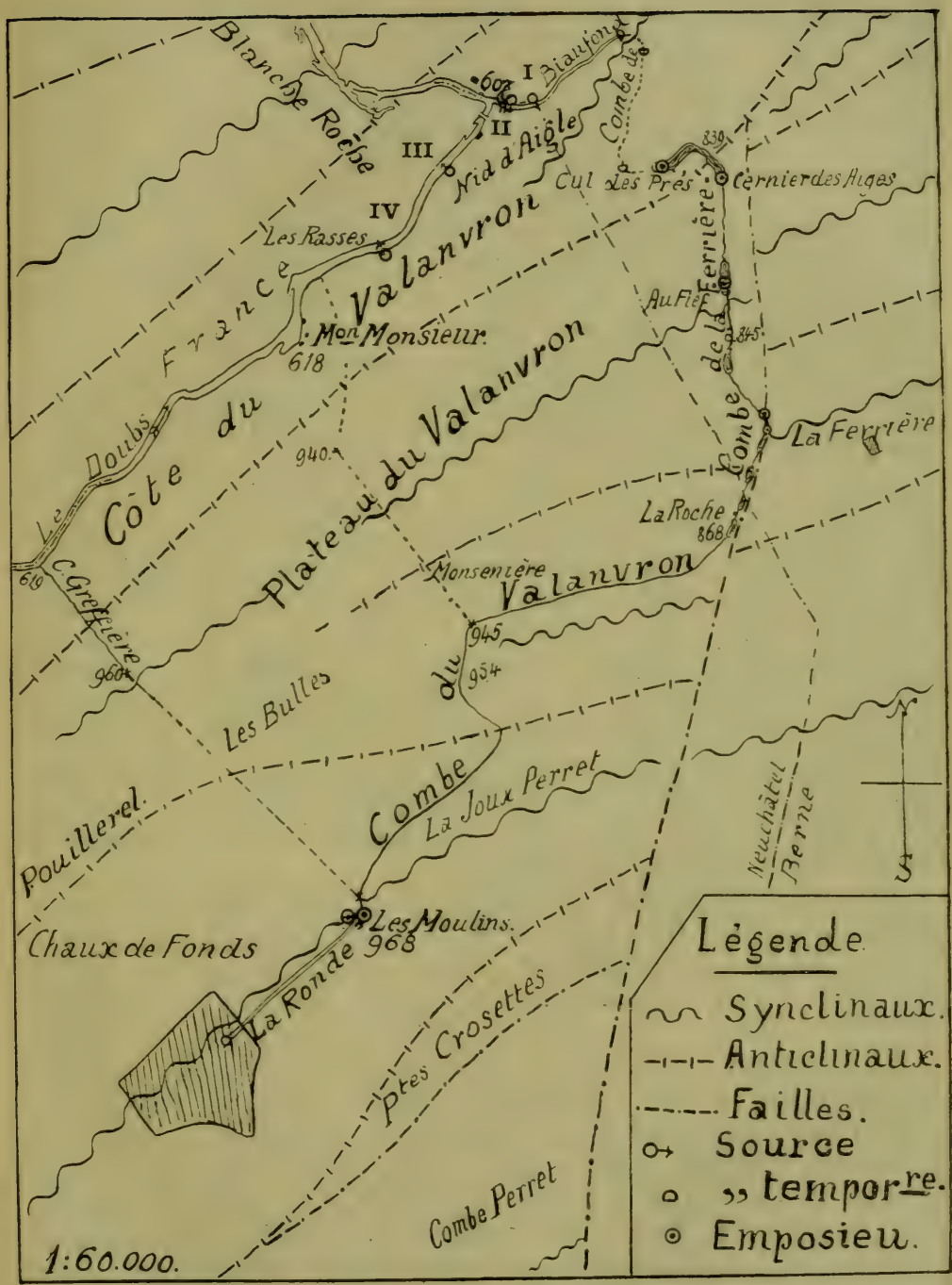



*Fig. 10.* Croquis montrant la situation réciproque entre les emposieux de la Ronde de La Chaux-de-Fonds et les sources de Biaufond et la structure géologique de la région intermédiaire.
I. Petite Ronde; II. Grande Ronde; III. Source aux Dames; IV. Source des Rasses.

de coloration du ruisseau. Il en résulte que l'eau qui se perd dans le cours à travers le vallon du Valanvron, et surtout dans le lac terminal du Cul des Prés, ressort au jour par plusieurs grandes sources situées au bords du Doubs et à l'ouverture de la combe de Biaufond. Ces sources, connues sous le nom de Petite et Grande Ronde et de Source aux Dames (I, II et III de fig. 10) ont d'ailleurs donné des résultats des plus défavorables à l'analyse chimique, par suite de leur teneur élevée en ammoniaque et matières organiques. On pouvait donc prévoir la relation de ces sources avec le ruisseau-égoût de la combe du Valanvron. Le débit de ces sources est très élevé. Celui de la Grande Ronde surtout, qui jaillit entre le pont du Doubs et le hameau de Biaufond, au milieu d'un grand bassin circulaire, varie entre 200 et 1000 litres par seconde. J'ignore si son nom a été motivé par la supposition préalable de la part de la population, d'une relation avec le ruisseau de la Ronde de La Chaux-de-Fonds. Je ne le crois pas, et pense plutôt qu'il s'agit ici de l'application d'un nom usuel à deux choses de même nature. Il est aujourd'hui avéré que cette relation est cependant réelle, tant que le ruisseau de la Ronde descend par la combe du Valanvron et de la Ferrière. Suivant la distance qu'il atteint et l'absence ou la présence du lac terminal du Cul des Prés, le résultat des essais de coloration est différent. Lorsque ce lac n'existe pas, toutes les sources sont influencées, celle aux Dames un peu plus tard que les autres. Le ruisseau de la combe de Biaufond est également influencé.

En cas d'existence et surtout de grande extension du lac entre le Cernier des Aiges et le Cul des Prés, la Source aux Dames seule est influencée. Ceci s'explique par ce qu'elle participe à des infiltrations en amont du lac et que dans celui-ci la matière colorante se dilue et se détruit au soleil.

Le débit important de ces sources qui peut aller à un total de plusieurs mètres cubes par seconde suppose des cavités souterraines importantes. Il était donc certain que le débit de la Ronde, qui est, même aux hautes eaux, bien au-dessous de celui de ces sources de Biaufond, est en somme un appoint peu considérable pour ces dernières et le trajet souterrain de l'eau n'a été supprimé que par l'obstruction des orifices absorbants et non par celle des canaux profonds. Ceux-ci doivent conserver pour ainsi dire indéfiniment leur capacité, même la faculté corrosive de l'eau tend à les ouvrir toujours davantage. Cette influence ne peut cependant pas être invoquée avec beaucoup de force en ce qui concerne le ruisseau-égoût

de La Chaux-de-Fonds, attendu que son eau chargée de matières solides, de précipité de savon surtout, doit avoir une faculté dissolvante très réduite. C'est même en partie aux dépôts de l'eau du ruisseau que l'on doit attribuer l'obstruction successive des orifices absorbants. Il se perdait autrefois bien plus haut dans la combe et n'atteignait le lac terminal qu'aux très hautes eaux et momentanément.

Mais vu le débit très faible de ce ruisseau comparativement à la capacité des canaux qui débitent l'eau des grandes sources de Biaufond et la rareté de ses fortes crues, j'ai recommandé une solution moins coûteuse que le percement d'une galerie. Il s'agirait de désobstruer les emposieux des moulins de la Ronde et d'y réintroduire le ruisseau-égoût, soit de rétablir le *statu quo* qui existait depuis bien des siècles par l'œuvre de la nature.

L'état hydrologique actuel de la région de La Chaux-de-Fonds, avec son maigre ruisseau-source de la Ronde, résulte de la transformation des flancs supérieurs calcaires en surfaces absorbantes. Primitivement il devait avoir au milieu de ce vallon un cours d'eau superficiel d'un débit moyen de 650 litres par seconde, alimenté par de nombreuses sources. Toutes ces eaux descendaient par la pittoresque combe du Valanvron et de la Ferrière jusqu'à Biaufond. Aujourd'hui la situation est bien changée. Depuis longtemps presque toutes ces eaux sont devenues souterraines; les unes dans leur champ collecteur même, la Ronde, après un parcours de 1500 m.; la combe du Valanvron s'est tranformée en une vallée sèche, parcourue seulement au moment des très hautes eaux par un torrent temporaire venant pour quelques jours régénérer le lac du Cul des Prés, car depuis longtemps aucune eau superficielle ne parvint dans la combe de Biaufond par-dessus la digue d'éboulement qui barre ce petit lac.

La proposition de rétablir le passage souterrain de la Ronde a été agréée et on a procédé ensuite de cette décision aux études préliminaires pour arriver à la réalisation de ce projet. La plus grande difficulté était de retrouver les anciens orifices obstrués, car dans le bâtiment des moulins on avait cimenté le fond des caves et fait disparaître tout ce qui rappelait l'ancienne destination de cette construction. De la scierie il ne restait plus trace depuis plus de 40 ans. Des recherches dans les archives de la commune et des souvenirs de personnes ayant eu à s'occuper des travaux en ce temps lointain, ont permis d'arriver à chef. Grâce à un vieux plan désignant la position de l'ancienne scierie et portant même

l'indication d'un « gouffre », évidemment l'ouverture absorbante de l'eau, des travaux de sondage sur cet emplacement ont amené la découverte d'un puits en partie artificiel, et d'un escalier conduisant à une cavité souterraine fermée par une grille en bois, mais entièrement remplie d'un mastic formé de sciure, de boue de route, de feuilles sèches, etc., le tout imprégné de goudron de houille. Toutefois la vidange de la caverne de la scierie ne permit pas de trouver la suite du passage souterrain (voir croquis, fig. 11 et 12). Aux moulins,

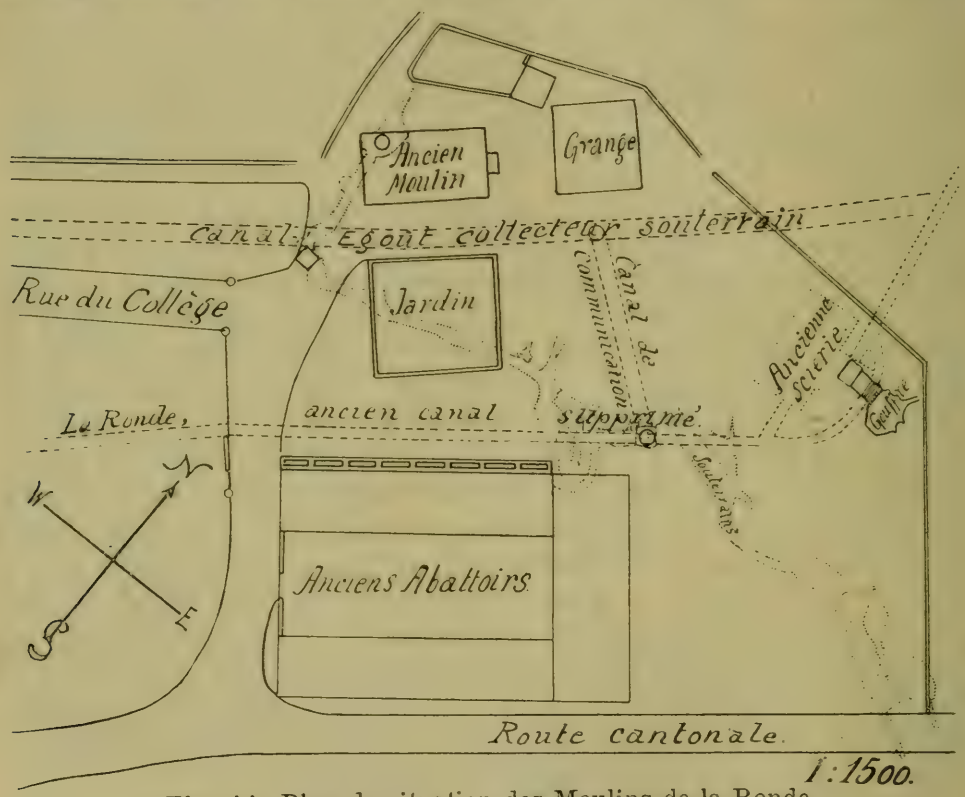



*Fig. 11.* Plan de situation des Moulins de la Ronde à La Chaux-de-Fonds.

par contre, la percée du plancher bétonné a conduit à un puits vertical maçonné descendant dans une chambre assez spacieuse, celle dans laquelle devait être placée autrefois la roue motrice. On se trouve là dans le calcaire portlandien en bancs minces faiblement inclinés, soit de 10 à 12° vers le S.E. Une galerie accessible sur environ 19 m., dirigée exactement vers le S., se greffe sur cette chambre. Ce passage, large de 2 à 3 m., est en partie couvert de vase et l'épaisseur de celle-ci atteint finalement le plafond, car le couloir va en descendant, en ne laissant subsister qu'un très faible passage, suffisant juste

pour les eaux ménagères de la maison qu'on a laissé s'écouler par cette voie.

C'est donc par le canal d'écoulement des eaux du moulin qu'on pouvait le mieux accéder aux voies souterraines de la Ronde et on se décida de tenter la désobstruction définitive de ce côté. Afin de pouvoir travailler plus facilement, on créa une entrée spéciale, vu la difficulté d'accès par les caves du bâtiment. On a creusé dans ce but un puits muni d'un treuil, exactement sur l'extrémité du couloir souterrain accessible, car il s'agissait d'évacuer à la surface une quantité énorme de vase et de pierres.

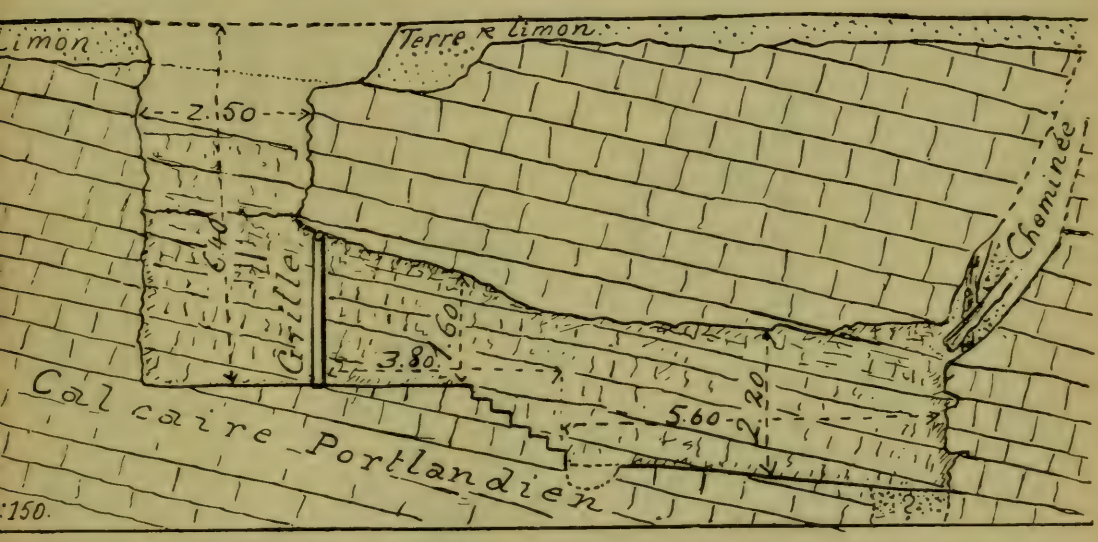



*Fig. 12.* Profil à travers l'entrée du gouffre de la Scierie de la Ronde à La Chaux-de-Fonds.

Les travaux définitifs furent commencés en 1907 et continués pendant toute l'année 1908, après que les premiers résultats avaient amené presque la certitude d'arriver à brève échéance au résultat désiré.

Voici les résultats de ces travaux et des explorations qui les ont accompagnés (voir fig. 13 et sa légende):

Le puits 2 foncé en face de l'angle S.E. du bâtiment des moulins a rencontré à faible profondeur déjà le calcaire portlandien. On a miné sur une section de $2^m,50$ de côté jusqu'au plafond du couloir souterrain précédemment constaté, lequel fut percé à une profondeur de $12^m,50$. A cet endroit, le couloir se coude à angle droit et on constata, après avoir déblayé le remplissage de vase et de débris de toute sorte qui l'obstruaient, que son fond allait en s'élevant, ce

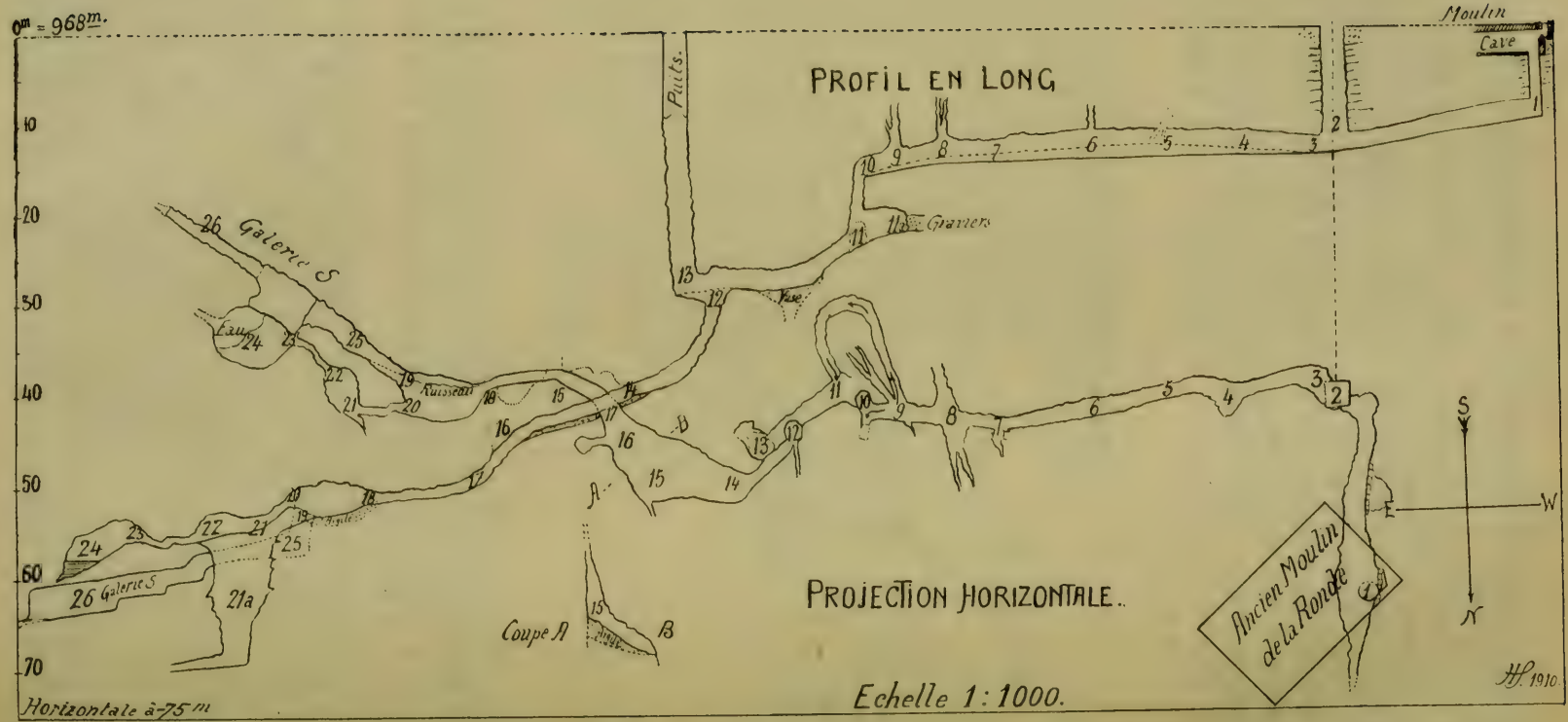



*Fig. 13.*

Plan et profil des canaux souterrains du Moulin de la Ronde.

LÉGENDE DE FIG. 13:

1. Puits de descente sur l'emplacement de la roue motrice.
1-2. Galerie naturelle dirigée vers le S.
2. Puits provisoire.
3-10. Galerie en dos d'âne, dont il a fallu abaisser le fond. La ligne pointillée indique l'ancien niveau du fond.
4. Excavation latérale.
5 et 6. Cheminées verticales.
7. Amorce de galerie latérale sur une fissure.
8. Deux galeries latérales opposées l'une à l'autre sur le parcours de la même fissure qui se bifurque du côté N.
9. Cheminée et fissure latérale du côté S. communiquant avec l'étage inférieur près du point 11.
10. Entrée du premier gouffre ou puits de l'échelle.
11. Galerie du gouffre II.
11 *a*. Cul-de-sac rempli de graviers et sable, probablement un ancien passage obstrué.
12. Gouffre conduisant au couloir de la douche.
13. Grande cheminée qu'on a percée de la surface pour en faire l'entrée définitive.
14. Salle basse; partie élargie d'une cheminée haute et étroite au sommet. Voir coupe *A*...*B*, dont le fond était couvert de vase argileuse et les parois éclaboussées de goudron.
15. Cheminée et fissure latérale à la salle basse.
16. Chambre latérale avec orifice étroit.
17. Entrée du couloir conduisant à la salle de l'argile.
18. Salle de l'argile avec deux passages inférieurs.
19. Passage du ruisseau coulant sur le fond de la salle de l'argile — au début inaccessible; il a été élargi plus tard.
20. Passage de la salle du carrefour 21.
21*a*. Puits à côté de la salle du carrefour, suivant une étroite fissure (largeur 0m,80) et s'enfonçant verticalenent 5 m. plus bas que le canal 25.
22. Boyau étroit en syphon conduisant à la salle du lac (24) à demi pleine d'argile. Extrémité de la partie accessible le 11 septembre 1908.
23. Petit passage latéral inaccessible.
25. Canal étroit amenant à la fissure terminale où les travaux de déblaiement ont été arrêtés en 1909.

qui explique bien l'accumulation de ces matériaux et le maintien d'eau stagnante sur environ 1 m. de hauteur. On fit disparaître à la mine cette contrepente (voir la ligne pointillée entre les points 3 et 10 de fig. 13) en élargissant le couloir aux endroits trop étroits, le plafond s'étant trouvé en général suffisamment élevé. Il est douteux que les anciens usiniers de la Ronde ait exploré cette partie du souterrain ; par contre on avait certainement pénétré jusqu'au coude, ainsi que le prouvent des maçonneries destinées à soutenir le plafond entre le puits de la roue et le point 3. Comme les fissures préexistantes dans le rocher sont les voies le long desquelles se creusent par corrosion du calcaire les galeries naturelles, les coudes marquent presque toujours les endroits où la corrosion a quitté une première fissure pour passer dans une autre qui croise celle-là sous un angle variable.

On a pu suivre cette deuxième section de la galerie souterraine sur plus de 50 m., constatant des embranchements latéraux ordinairement très étroits, des cheminées au plafond, soit des « avens » comme on les nomme dans les Causses, sans communication visible avec la surface, des niches et des fissures allant en descendant sur le seuil. On pouvait donc augurer de la façon la plus réjouissante des résultats de ces premiers travaux. Mais c'est la découverte d'un gouffre presque vertical qui mit le comble à la satisfaction des dirigeants de ces travaux. C'est là qu'on pouvait voir s'enfoncer dans la profondeur de la montagne le filet d'eau suivant la galerie. A proximité de cet endroit, il y a un véritable labyrinthe de canaux et de cheminées allant soit en montant, soit en descendant. Ce gouffre permit de descendre encore 10 m. plus bas que la grande galerie et de constater qu'un embranchement latéral près de l'extrémité de celle-ci communique avec une galerie plus inférieure en décrivant un contour en U (entre les points 9 et 11). Une extrémité borgne de celle-ci est comblée par un dépôt de graviers et de sable stratifiés (point 11*a*). Cette galerie à fond assez incliné conduit à une sorte de carrefour, où se présente un court embranchement latéral, par lequel on arrive au-dessus d'une cheminée montant verticalement (point 13), un véritable aven, d'où descend un petit ruisselet d'eau. On se trouve là juste à l'angle N.E. du bâtiment des anciens abattoirs. A l'endroit où commence cette chambre de la grande cheminée sur le point d'entrecroisement de deux fissures, s'ouvre un nouveau gouffre, dans lequel un courageux ouvrier s'était fait descendre et avait raconté merveille des chambres et couloirs qui se trouvaient

au-dessous. J'en fis une exploration le 11 septembre 1908, accompagné de MM. E. Tissot, conseiller communal, Mathias, rédacteur, et plusieurs aides, munis de cordes et d'échelles, tandis que M. Amez-Droz, chef du service électrique de la ville, avait installé un câble téléphonique, car on pensait pouvoir descendre à une grande profondeur et s'avancer du moins loin dans la montagne, ainsi que l'avait permis de présumer la reconnaissance faite précédemment. Cette expédition permit de reconnaître une série de chambres et de couloirs avec des puits allant en montant. Les parties peu inclinées étaient invariablement couvertes d'une épaisse couche de vase. Frappante était surtout la présence sur les parois de plusieurs galeries et d'une fissure verticale de la salle-basse (points 14, 15 et 16) d'éclaboussures noires de goudron desséché, prouvant que c'est par cette fissure que descendait autrefois une partie du moins de l'eau de la Ronde, au temps où l'on y versait encore ce produit de l'usine à gaz, dont la vente est devenue depuis lors d'un rendement plutôt rémunérateur.

Je puis me dispenser de décrire en détail les diverses parties de ces voies souterraines. Le croquis joint à cette note (fig. 13) permet par l'emploi de l'échelle de se rendre compte des dimensions et des directions des passages et chambres, un croquis plus général permet de repérer leur position par rapport aux bâtiments (fig. 12). En réalité on n'a pas pu s'avancer dans la montagne aussi loin qu'on l'avait pensé. Une dernière chambre en partie remplie d'eau stagnante à côté d'un cône d'argile a arrêté l'exploration, après un cheminement d'une centaine de mètres seulement au-delà du deuxième gouffre donnant accès au couloir de la douche et une descente au-dessous de la surface d'environ 60 m. La dernière chambre ne recevait que quelques infiltrations d'eau tombant d'une fissure du plafond, tandis que le ruisselet cheminant sur le fond de la salle de l'argile se perdait dans une fente en partie cachée par de gros blocs.

C'est en suivant cette fissure, en l'élargissant artificiellement, qu'on est parvenu par les travaux continués pendant l'année 1909 à pénétrer dans une galerie se trouvant au-dessous de la salle du lac, ce qui a définitivement vidé cette dernière. On a d'ailleurs débarrassé le remplissage d'argile dans toutes ces chambres et agrandi le boyau étroit conduisant dans la dernière, ce qui dispense à l'avenir les visiteurs de l'exercice de reptation qu'il fallait accomplir dans le lit d'argile pour le traverser. La nouvelle avancée faite le long de la

fissure au S. de la salle de l'argile a conduit dans un étroit corridor se trouvant à environ 8 m. au-dessous de la salle du lac, en sorte que la profondeur totale atteinte actuellement est de 68 m.

Ces travaux seront-ils suffisants? Ou bien devra-t-on les continuer? On a introduit à plusieurs reprises pendant leur exécution la totalité de l'égoût dans les souterrains. D'abord par le puits provisoire près de l'angle de la maison des moulins, puis plus tard par un canal faisant communiquer celui de l'égoût avec une ouverture creusée de la surface jusqu'au grand puits marqué par le chiffre 13. A cette occasion on a pu constater combien le sol aux abords était perméable et et entrecoupé de fentes absorbantes. Avant que ce canal de communication fut définitivement rendu étanche par un radier cimenté, la totalité de l'eau, d'un débit de 4000 l. m., se perdait à moins de 2 m. de distance de sa sortie sur le fond de la tranchée et parvenait quand même dans le dit puits, mais bien au-dessous de son orifice.

Depuis le 15 septembre 1909, le ruisseau-égoût passe définitivement dans les souterrains et le résultat est absolument satisfaisant en temps normal. Cependant on a constaté depuis lors et déjà antérieurement pendant les premiers essais, qu'au moment de crues très subites du ruisseau par des orages et surtout lorsque la neige fond très rapidement, le débit des souterrains ne suffit pas, que les canaux et chambres se remplissent non seulement jusqu'à la grande galerie, mais que même le puits sur l'emplacement de l'ancienne roue du moulin se submerge. La plaque de fer fermant l'ouverture de ce puits a même été soulevée, ce qui explique pourquoi on avait auparavant fermé cette ouverture par du béton. Cette anomalie, qui ne se présente que très exceptionnellement, à de rares fois par année, et seulement pendant quelques heures, est explicable par le phénomène qui se produit chez presque tous les emposieux, surtout ceux qui s'ouvrent au niveau du fond des vallées. En temps de sécheresse et même en temps normalement pluvieux, ils fonctionnent bien comme ouvertures absorbantes, mais sitôt que les flancs des montagnes environnantes sont mis à contribution par de fortes pluies, ou la fonte rapide de la neige, les fissures partant de ces surfaces absorbantes amènent vers les canaux souterrains du réseau sourcier des masses d'eau tellement considérables qu'ils deviennent insuffisants pour en évacuer la totalité, si bien que le niveau de l'eau souterraine monte à partir du point où existe l'étranglement le plus étroit, jusqu'à la hau-

teur des orifices absorbants les plus bas qui sont justement les emposieux du fond des vallées. Alors ces orifices refusent l'eau qui leur parvient et mieux que cela, ils se transforment parfois en sources. Les emposieux de la vallée de La Brévine sont presque tous dans ce cas. Dans la vallée de Joux existe l'entonnoir du Rocheray qui se transforme chaque année au printemps en une source volumineuse. Même non loin des moulins de la Ronde, dans la combe de la Ferrière, prolongement de celle du Valanvron, existe au-dessous des maisons du Fief, un entonnoir accompagné de plusieurs autres plus petits. En temps ordinaire ces ouvertures fonctionnent comme puits absorbants, mais à chaque pluie abondante il en jaillit des sources volumineuses.

La situation de l'emposieu des moulins de la Ronde est cependant telle qu'il y a même espoir de pouvoir supprimer ces rares périodes d'insuffisance du débit. Cela me paraît d'autant plus probable que les travaux de désobstruction ont précisément été arrêtés à l'endroit où la dernière fissure s'est montrée notoirement très étroite et au surplus presque fermée, le plafond entre deux parois très étroites venant toucher le fond rempli de matières argileuses. Il faudrait donc continuer encore les travaux sur une certaine longueur.

Il y a lieu de mentionner ici les résultats des essais de coloration qui ont été faits depuis 1908 sur l'eau du ruisseau introduit dans le passage souterrain.

Nous avons vu que lorsque la Ronde descend par la combe du Valanvron et de la Ferrière, ce sont les grandes sources de Biaufond qui en sont influencées. Ce sont donc celles-ci qui reçoivent dans ces conditions la totalité de l'eau de l'égoût de La Chaux-de-Fonds.

L'introduction de la fluorescéine à trois reprises dans le souterrain, en faisant durer l'observation des sources de Biaufond par prélèvement d'échantillons d'eau pendant 7 et 10 jours lors des deux premiers essais (22 mai et 3 juillet 1908) et pendant 40 jours lors du troisième essai (15 septembre 1909), n'a donné aucun résultat positif. Les deux premiers essais ont été faits avec 5 kg. de fluorescéine, et le dernier avec 6 kg. On n'a pu constater aucune trace de fluorescéine dans aucun des échantillons prélevés. Pourtant la composition de l'eau des dites sources ne s'est modifiée en aucune façon; celle de la Source aux Dames est toujours fangeuse et la teinte de toutes conserve toujours quelque chose de louche.

Faut-il en conclure que maintenant que la Ronde ne se déverse plus dans la combe du Valanvron, elle n'atteint plus

les sources de Biaufond et qu'elle se joint à un autre cours souterrain alimentant une autre grande source vauclusienne?

Cette question ne peut pour le présent que se poser, en présence de ces résultats négatifs. Mais il y a encore d'autres possibilités : ou bien, la masse d'eau qui circule dans les souterrains de la montagne sur une longueur de plus de 6 km. entre La Chaux-de-Fonds et Biaufond, est si considérable que la dilution de la matière colorante est telle que la fluorescence ne peut plus se voir. Il faudrait pour cela que cette masse d'eau emprisonnée dans les entrailles de la terre soit supérieure à 6 millions de mètres cubes! On voit quel vide immense il faudrait supposer au-dessous du plateau du Valanvron. Dans ce cas, l'essai serait à refaire avec une plus grande quantité de couleur. Ou bien encore, le long contact de la matière colorante avec les substances contenues dans l'eau des égoûts a-t-il pour effet de détruire celle-là?

C'est un problème encore à résoudre. La structure tectonique de la région comprise entre le bassin de La Chaux-de-Fonds et la gorge du Doubs, dont la fig. 10 donne un aperçu, est assez compliquée pour laisser supposer que l'eau qui disparaît par l'emposieu de la Ronde ne parvient plus aux dites sources, ou bien seulement après un parcours extrêmement long et tortueux. A proximité de la combe du Valanvron et le long de celle de la Ferrière court une grande faille de décrochement qui semble avoir été de tout temps la ligne directrice de l'écoulement des eaux souterraines; elle a même déterminé le tracé du creusement de la combe de la Ferrière. La présence de trois anticlinaux sur le plateau du Valanvron n'a donc que peu d'influence sur l'écoulement des eaux souterraines.

Le ruisseau de la Ronde disparaissant sous terre entre la Roche et le Cul des Prés, pouvait atteindre le cours souterrain des sources de Biaufond très rapidement, puisque la distance en ligne droite n'est que de 1 à 3 km. Les essais de coloration en ont donné la preuve.

Aujourd'hui la distance à parcourir serait en ligne droite de $6^{km},500$ ; elle serait de 8 km. au moins, en supposant que le cours d'eau souterrain suit le tracé du décrochement de la Ferrière. Dans ce cas le temps nécessaire au parcours de ce chemin est certainement bien plus long. Mais dépasse-t-il vraiment 40 jours, ainsi que le ferait supposer le résultat négatif du dernier essai de coloration? Les expériences faites sur le cours souterrain de l'Areuse en démontrent plutôt le contraire.

On pourrait aussi admettre la possibilité d'une autre issue

que les sources de Biaufond. La possibilité est certainement là et il y aurait alors à choisir entre la vallée du Doubs à l'aval de Biaufond ou à l'amont; même une communication avec la Rançonnière ne serait pas exclue. Il se pourrait enfin qu'une source du val de Saint-Imier, par exemple la grande source de la Doux entre Cormoret et Villeret, en fût l'émissaire. Toutefois, l'observation de cette source lors du dernier essai n'y a pas fait découvrir de la fluorescence. Mais cette observation a été faite par les habitants de l'usine voisine, ce qui ne peut être donné comme concluant. En outre, cette source est à 16 km. de distance de l'emposieu de la Ronde, ce qui permet de supposer des cavités souterraines d'autant plus vastes. Il faudrait, pour résoudre cette question, employer une plus grande quantité de fluorescéine et organiser une surveillance suivie, avec prélèvement d'échantillons à toutes les sources soupçonnées d'être les émissaires de la Ronde.

## XLII

### Sur une coupe de la molasse aquitanienne à la Poissine près d'Onnens (Vaud).

(avec un cliché)

Au commencement de l'année 1909, M. Develey, ingénieur cantonal en chef à Lausanne, a attiré mon attention sur une tranchée en voie d'exécution pour la correction de la route 148 de Lausanne à Neuchâtel, dans le voisinage du pont de la Poissine, entre Grandson et Concise. Afin de supprimer la forte rampe que fait ici la route dès le pont pour gagner la hauteur d'Onnens, on a construit un nouveau pont en fer un peu en amont de l'ancien et franchissant l'Arnon à une hauteur un peu plus grande; ensuite la route entre en tranchée dans le flanc de la colline qui sépare le vallon du ruisseau du Pontet de la grève du lac de Neuchâtel.

Tandis que les fondations du nouveau pont n'avaient rencontré que du terrain d'alluvion, la tranchée en question est entrée presque aussitôt dans du rocher appartenant à la formation tertiaire. Ce terrain constitue le soubassement de tout ce segment du plateau sub-jurassien placé entre le flanc du Jura et la dépression de l'Orbe et du lac de Neuchâtel et qui se termine à La Lance près de Concise. Cependant les

affleurements des couches tertiaires sont assez rares, surtout dans la partie comprise entre Grandson et La Lance; des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires les recouvrent ordinairement en très grande épaisseur. Pour cette raison sans doute on s'était attendu à trouver dans cette colline des couches sableuses et graveleuses et cela d'autant plus sûrement que la forme de sa surface semblait avoir l'aspect d'une moraine. Cependant les couches du Tertiaire se trouvent à une très faible profondeur au-dessous de la surface. La couche de terre végétale a parfois moins de 30 cm. d'épaisseur et les labours un peu profonds atteignent les couches de marne et de grès de la molasse, ainsi que des calcaires qui leur sont intercalés et dont des débris sont mélangés à la terre végétale.

La carte géologique suisse au 1 : 100 000 (feuille Dufour XI), publiée en première édition en 1868, indique déjà la molasse à bancs calcaires à fleur du sol le long du coteau entre la Poissine et Corcelles, sur tout le versant qui s'abaisse jusqu'à la grève du lac. La deuxième édition revisée et complétée, parue en 1893, précise encore mieux la situation, en comprenant dans la zone d'affleurement du Tertiaire le versant tourné du côté de l'Arnon, soit le coteau sur lequel se développe la nouvelle route en question; j'avais déjà constaté les affleurements de couches tertiaires dans cette région il y a une trentaine d'années et ce sont ces relevés qui ont été utilisés pour la deuxième édition de la feuille XI.

Les couches tertiaires mises à découvert par la tranchée de la route, sur une profondeur d'environ 5 m., appartiennent à la division supérieure de l'étage *aquitanien,* soit à la molasse à bancs calcaires. Ce sont, en effet, des alternances de bancs marneux, sableux ou argilo-sableux et de couches de calcaires d'eau douce fétides au choc, de couleur gris-brunâtre. L'Aquitanien inférieur, dit Molasse rouge, à cause de la fréquence de marnes argileuses de couleur rouge ou parfois violacée, ne doit se rencontrer qu'à une plus grande proximité du Jura, probablement au-dessous de la dépression du Pontet qui sépare la colline d'Onnens de la côte de Bonvillars. Mais la nature marneuse de cette formation fait que sa zone d'affleurement est ordinairement marquée par des dépressions, dans lesquelles sont venus ensuite se déposer d'importants amas de terrain morainique et fluvio-glaciaire. J'ai cependant constaté la présence des marnes rouges sur les bords de l'Arnon près de Vugelles, de même qu'en amont de Concise, près de la cote 523 m., où une galerie de recherche d'eau a traversé ce terrain sur une certaine longueur. Cette dernière constatation

démontre en outre l'importance de la faille qui suit le pied S. du Mont-Aubert, car à une petite distance de cette galerie se montre le calcaire portlandien qui forme la côte au-dessus des Champs Cherdon. En dehors de la colline qui suit le bord du lac entre la Poissine et Corcelles, c'est le seul témoin de la présence des couches du Tertiaire au N. de l'embouchure de l'Arnon.

C'est la nature assez résistante des intercalations calcaires qui a sans doute motivé la conservation de cette petite éminence perçant au milieu du revêtement morainique de cette région. Les couches plongent régulièrement de 10 à 12° vers le S.E., la direction des bancs est N. 60° E. Le croquis fig. 14 donne la situation de ce gisement au moment de l'ouverture complète de la tranchée et avant qu'on ait taillé les flancs en forme de talus.

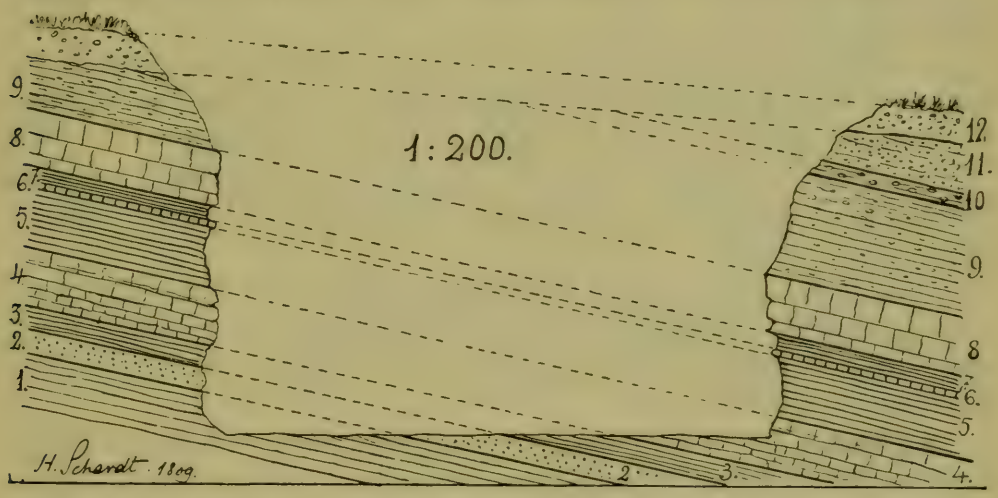



*Fig. 14.* Coupe géologique à travers la molasse à la tranchée de la nouvelle route de la Poissine, à Onens (Vaud). (Voir explications dans le texte ci-dessous.)

La série des couches observées est du haut en bas la suivante (voir les chiffres de fig. 14):

12. *Terre végétale* reposant au-dessus des affleurements de calcaire sur un blocage formé de débris de ce dernier. Epaisseur, 30 à 50 cm.

11. *Grès tendre* et *sableux,* plus ou moins argileux et micacé de couleur gris-jaune. Teneur en carbonate de chaux ($CaCO_3$) 30 %. Epaisseur visible, $0^m,40$.

10. *Marne argileuse* gris-jaune, avec nodules durs. Teneur en carbonate de chaux: marne 22 %, les nodules 63 %. Epaisseur, $0^m,20$.

9. *Marne sableuse* panachée de gris, jaune et vert, contenant dans la partie supérieure quelques nodules. $CaCO_3$ : 20,5 %. Epaisseur, 1m,20.

8. *Calcaire limnal,* formant distinctement trois lits séparés par des joints de stratification francs. Le *lit supérieur* est de couleur gris-brun, assez compact, ne présentant que de rares perforations; très fétide au choc. $CaCO_3$ : 89 %. Epaisseur, 0m,32. Le *lit moyen* est gris-jaunâtre, un peu moins fétide au choc et rendu vacuolaire par d'innombrables perforations contournées et vermiculées. $CaCO_3$ : 86,3 %. Epaisseur, 0m,18. Le *lit inférieur* est très semblable au précédent, également peu fétide, gris de couleur et avec quelques perforations remplies d'une matière ocreuse jaune. $CaCO_3$ : 85,9 %. Epaisseur, 0m,10. Epaisseur totale du banc 8 : 0m,60.

7. *Marne argileuse* jaune clair à gris. $CaCO_3$ : 34 %. Epaisseur, 0m,15.

6. *Calcaire limnal* brun foncé, rendu vacuolaire par de nombreuses perforations, mais néanmoins d'une grande dureté, fortement fétide au choc. $CaCO_3$ : 97,6 %. Epaisseur, 0m,075.

5. *Marne argileuse tendre* et *plastique,* jaune clair à gris, contenant quelques concrétions noduleuses. $CaCO_3$ : 35 %. Epaisseur, 0m,65.

4. *Calcaire limnal* gris brunâtre, faiblement fétide au choc, avec quelques perforations, formant un banc assez compact et dur. $CaCO_3$ : 90 à 95 % suivant les endroits de la couche. Epaisseur, 0m,60.

3. *Marne grise limoneuse* et *micacée,* dure. $CaCO_3$ : 54 %. Epaisseur, 0m,25.

2. *Grès molassique tendre* et *sableux,* gris et micacé. $CaCO_3$ : 14,4 %. Epaisseur, 0m,25.

1. *Marne sableuse micacée,* jaune clair à verdâtre. $CaCO_3$ : 24 %. Visible sur 0m,40.

La présence des intercalations de calcaires limnaux gris à bruns caractérise particulièrement ces couches comme appartenant à l'Aquitanien supérieur. Ces calcaires sont tout à fait semblables à ceux qui se voient dans le même étage au chemin de la Rochette et près de la Fabrique dans le voisinage de Boudry. Cependant j'ai cherché en vain des fossiles. Il ne m'a pas été possible de découvrir la moindre trace de *Planorbes* ou de *Limnées* dans aucune des trois couches calcaires. La couche inférieure était, le jour de ma visite, particulièrement bien à découvert; on avait déblayé tous les bancs superposés

sur une grande surface et on s'apprêtait à faire sauter le calcaire à coups de mine. Malgré cette disposition favorable je n'ai pas pu découvrir des restes d'organismes. L'examen microscopique de quelques tranches minces n'a pas donné de bien meilleurs résultats : une graine de *Chara* et, par-ci par-là, des spicules de *Spongiaires*.

## XLIII

### Sur la découverte d'un rognon manganésifère dans le Hauterivien supérieur.

M. Charles Zumbach, notre collègue, propriétaire de carrières de pierre jaune qu'il a mises en exploitation, depuis quelques années, entre Hauterive et Saint-Blaise, m'a fait parvenir en 1909 un fragment d'un minerai à éclat métallique gris noir provenant de l'une de ses carrières de Saint-Blaise. Je supposais immédiatement qu'il s'agissait d'un minerai de manganèse. Divers autres fragments plus petits me furent encore remis par M. Zintgraf, pharmacien à Saint-Blaise, qui les avait reçus du contremaître de la carrière. Il est bien regrettable que cette trouvaille remarquable n'ait pas été conservée intacte. On s'est hâté de mettre la masse métallique en pièces et chacun voulut en emporter des morceaux.

*Forme de l'amas de minerai.* — D'après les renseignements que j'ai pu recueillir sur place et à juger de la forme extérieure des fragments que j'ai pu obtenir, ce devait être une concrétion ovalaire probablement creuse à l'intérieur d'environ 15 cm. de longueur sur 10 à 12 cm. de largeur et ayant une épaisseur semblable. Elle devait présenter une cavité à l'intérieur et la paroi de celle-ci était couverte de sculptures mamelonnées à éclat métallique. Par-ci par-là il y avait des restes d'une matière ocreuse jaune adhérente au minerai noir, mais nullement mélangée avec lui. Le poids total de ce rognon nous est malheureusement inconnu, mais il pouvait bien atteindre 2 à 3 kg.

On constate sur la cassure une structure finement fibreuse, par places aussi une texture finement grenue. La surface déteint en noircissant les doigts. Ces caractères me firent de suite supposer qu'il s'agissait de pyrolusite ou minerai de manganèse tendre ($MnO_2$).

*Gisement.* — Je n'ai eu connaissance de cette trouvaille que plusieurs semaines après sa découverte et n'ai pas pu reconnaître la situation qu'occupait le minerai dans l'intérieur de la pierre jaune. D'après ce que m'a fait voir sur place le contremaître des carrières Zumbach, c'est dans la carrière supérieure, ouverte sur l'emplacement du puits de sondage II (voir *Mél. géol.*, VII)[1], à environ 15 m. de profondeur au-dessous de la surface, que gisait la concrétion placée à plat dans le sens de la stratification et laissant après son enlèvement une cavité ovalaire. A ce niveau se trouve, au milieu de la teinte ordinairement jaune de la roche, une zone où elle est colorée en gris ou bleu verdâtre. C'est le niveau de pierre exploitable, dit « banc bleu » ; cette teinte provient de l'abondance de grains de glauconite et de matières argileuses gris verdâtre qui teintent les éléments composant la pierre. Je suppose que dans la pierre jaune normale nous avons de la matière ferrugineuse à l'état de sesquioxyde hydraté, tandis que dans la pierre gris verdâtre c'est un protoxyde hydraté de fer ou un silicate alumineux de celui-ci. C'est également dans ces parties verdâtres que se trouvent des cristaux de pyrite de fer disséminés dans la roche ou à l'état de concrétions. On pourrait se demander si cette particularité de la coloration verdâtre au niveau où a été trouvée la concrétion manganésifère pourrait avoir une certaine relation avec la genèse de celle-ci. Il ne me paraît pas que ce soit le cas, attendu que l'emplacement où gisait le minerai était situé précisément dans une partie jaune de la pierre au contact avec la région verte. Ce devait être une cavité dont la masse métallique garnissait les parois, preuve la forme irrégulière de la surface extérieure de celle-ci. Elle ne devait pas adhérer fortement à la roche, car je n'ai pas pu constater de restes de pierre jaune adhérente. Il nous manque ainsi la preuve matérielle et palpable de la provenance même de ce minerai ; ceci dit à titre de simple remarque, car je ne doute aucunement des affirmations concernant cette trouvaille, unique jusqu'ici. Je dois faire ressortir encore que l'emplacement qui m'a été désigné comme ayant été proche du lieu de gisement de ce rognon de minerai, est formé de pierre jaune saine, en dehors de toute imprégnation ou infiltration sidérolitique (chancres). Ce niveau a d'ailleurs fourni d'excellente pierre de taille. On se serait attendu plutôt à trouver des concrétions métalliques

[1] *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXIV, « Mél. géol. », fasc. VII, pl. II, fig. 2.

dans une région parcourue par des infiltrations sidérolitiques, où l'on rencontre non seulement des concrétions phosphatées (voir « Mélanges géologiques », fasc. 7, N° XXXI, p. 206, *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXIV), mais aussi des nodules ferrugineux et concrétionnés, composés de limonite. Leur gisement est cependant très différent de ce que doit avoir été celui de notre rognon manganésifère, puisque la roche qui devait l'entourer était entièrement saine et nullement corrodée, comme c'est le cas ordinairement autour des infiltrations sidérolitiques. Mais quant aux détails de ce gisement, nous sommes réduits aux conjectures. Il eût été de la plus haute importance pour la détermination de l'origine et du mode de formation de ce minerai de pouvoir reconnaître la nature et la forme de l'alvéole ayant contenu le rognon. Malheureusement rien n'en a été conservé. On s'est contenté de sortir le minerai et de le briser en fragments, sans faire aucune autre constatation précise.

Averti suffisamment tôt, j'aurais au moins pu étudier la nature des parois de l'alvéole et les relations de la pierre jaune avec le minerai, notamment la présence ou l'absence d'un canal nourricier. En effet, cette formation métallifère doit appartenir, malgré son aspect concrétionné, à la catégorie des « géodes [1] », désignées par « sécrétions », c'est-à-dire d'amas géodiques formés par remplissage d'une cavité préexistante, des parois vers le centre. En cela les sécrétions diffèrent essentiellement des « concrétions » qui s'accroissent du centre vers la périphérie. Notre rognon de minerai de manganèse doit donc s'être formé, ou bien par circulation d'une eau minéralisée arrivant par un canal nourricier dans la cavité préexistante, ou bien par exsudation des parois mêmes de la cavité ; dans ce dernier cas l'existence d'un canal nourricier n'est pas nécessaire. Il n'est pas possible actuellement de déterminer d'après laquelle de ces deux alternatives sa formation a eu lieu ; je pense plutôt que c'est d'après le second mode.

*Composition et propriétés chimiques.* — J'ai déjà mentionné que les caractères physiques du minerai en question justifiaient la présomption qu'il s'agissait d'une géode de pyrolusite. En effet, en chauffant dans une éprouvette, on voit au début se dégager une certaine quantité d'eau qui se dépose

[1] Le terme « géode » a pris en français pour beaucoup d'auteurs une signification fausse, en ce sens qu'on entend par ce mot une *cavité* à parois garnie de dépôts minéraux ou de cristaux (géode de cristaux). Mais le sens originel, que je voudrais maintenir, est plus général, soit celui d'amas minéraux arrondis et contenus dans un autre terrain. (Géode = nodule ou renflement pierreux.)

contre les parties froides du tube, puis on constate en chauffant assez fortement un dégagement d'oxygène.

M. le Dr H. Altweg, assistant au laboratoire de chimie de l'Université de Neuchâtel, a bien voulu analyser ce minerai. Il y a trouvé, après dessication :

| | |
|---|---|
| $MnO_2$ | 89 % |
| $Fe_2O_3$ | 11 % |

Il s'agit donc bien de pyrolusite, mais d'une composition assez impure, vu la forte proportion de fer. La pyrolusite bien cristallisée ne contient généralement que très peu ou point de fer, tandis que le psilomélane, ou minerai de manganèse dur, en peut contenir jusqu'à 16 %. Il serait donc possible que notre minerai soit intermédiaire entre les deux, mais il aurait fallu déterminer si, à côté du $MnO_2$, il y a encore du $MnO$. Sous réserve de cette détermination à faire encore éventuelllement, nous pouvons désigner ce minerai de pyrolusite ferrugineuse. Rien n'empêche d'ailleurs la pyrolusite de contenir de l'oxyde de fer dans une proportion variable.

Pour terminer, je remercie encore M. Altweg pour le travail qu'il a bien voulu me consacrer, en faisant l'analyse de ce minerai.

## XLIV

### Sur une nouvelle poche hauterivienne dans le Valangien aux Fahys sur Neuchâtel.

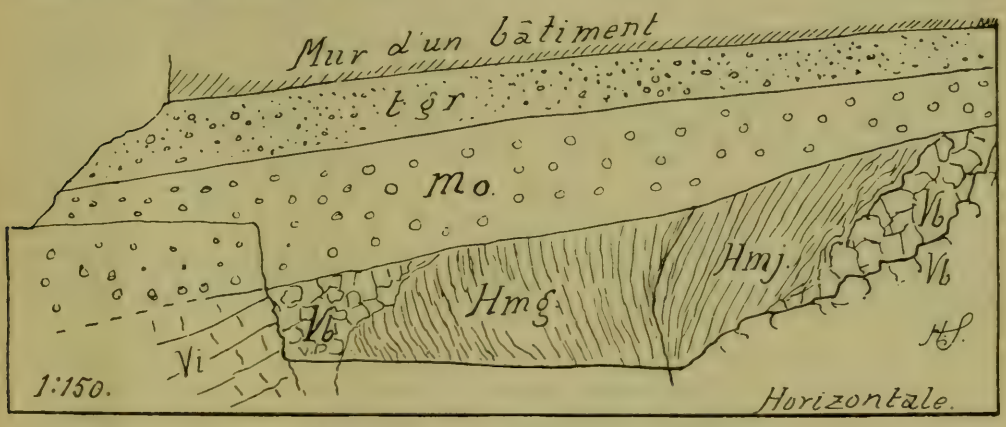
(avec un cliché)

J'ai signalé il y a dix ans (voir Bibliographie à la fin de l'article) l'existence d'un important remplissage de marne hauterivienne et surtout d'un blocage de calcaire valangien et hauterivien, derrière le restaurant du Jura-Neuchâtelois, en amont de la route des Fahys à Neuchâtel. Ce gisement est aujourd'hui encore visible, au moins en profil, car la plus grande partie en a été enlevée au cours de l'exploitation et sur l'emplacement de la partie antérieure se trouve un jardin. Mais en arrière de celui-ci se voit très nettement la coupe du remplissage brèchiforme entre deux parois de calcaire valangien inférieur. La genèse de ce gisement anormal que j'ai cherché à établir dans la notice ci-dessus mentionnée, est de ce chef nettement visible. C'est un glissement de marne hau-

terivienne, de calcaire hauterivien supérieur et de Valangien inférieur et supérieur; le tout est venu occuper pêle-mêle un ravin creusé dans le marbre bâtard ou Valangien inférieur, phénomène qui a dû se produire antérieurement à l'époque glaciaire.

Je me suis toujours attendu à trouver des gisements analogues le long du coteau des Fahys, en raison des nombreuses traces de glissement dans le sens de la pente du terrain.

En effet, lors d'une excursion faite à la fin d'avril 1910, j'ai eu l'occasion de constater, dans une excavation creusée en vue de la construction d'une maison pour le compte de la société immobilière du Bois de l'Hôpital, une nouvelle poche de marne hauterivienne, qui diffère par divers caractères de celle découverte en 1898.




*Fig, 15.* Coupe de la Poche hauterivienne sur la propriété du Bois de l'Hôpital aux Fahys (Neuchâtel).

LÉGENDE :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *tgr.* | Terre végétale et graviers. | *Hmj.* | Marne hauterivienne jaune. |
| *Mo.* | Moraine. | *Vb.* | Blocage de Valangien inférieur. |
| *Hmg.* | Marne hauterivienne grise. | *Vi.* | Valangien inférieur (Marbre bâtard). |

Elle se trouve à moins de 50 m. au N.E. de celle-ci, sur le fond presque immédiatement contigu et dans une situation semblable, soit en amont de la route.

Le croquis fig. 15 montre la situation en profil transversal. On constate en premier lieu que ce gisement est nettement recouvert par la moraine, dont cependant aucune partie ne pénètre dans le remplissage lui-même. Au-dessus de la moraine, qui est épaisse de 2 à 3 m., se place encore une couche de terre rouge brunâtre contenant des graviers. Ce gisement n'est en aucun cas la continuation de celui du restaurant du Jura-Neuchâtelois. Entre deux se trouve une saillie de calcaire valangien inférieur sur laquelle repose un bâtiment.

Mais c'est la situation et la structure de ce nouveau gisement anormal qui forment une différence considérable. La forme de l'excavation n'est pas, comme dans le premier, un ravin entre deux parois latérales parallèles et s'ouvrant dans la direction du lac. On constate au contraire qu'il s'agit d'une excavation paraissant avoir un certain développement dans le sens horizontal et qui est fermée du côté du lac, soit dans la direction du S.E. par une paroi coupée à pic du Valangien inférieur (*Vi.*). La surface de ce calcaire présente à la fois des traces de corrosion et des surfaces de glissement qui doivent dater de l'époque de la formation de ce gisement anormal.

Ce dernier consiste en un lambeau, large d'environ 6 m., de marne hauterivienne grise (*Hmg.*), suivi du côté N.W., par un paquet épais d'environ 3 m. de marne hauterivienne jaune oxydée (*Hmj.*). Cette marne paraît être presque intacte et compacte, à tel point que si on ne pouvait voir la situation anormale, on la prendrait pour de la marne hauterivienne en place, bien que le plongement, qui est, pour la marne grise, à peu près transversal à celui que présentent les couches du Valangien dans cette région, serait de nature à surprendre. On constate sans peine qu'il s'agit bien de la marne du Hauterivien inférieur, d'après les fossiles suivants, trouvés, soit au moment de la découverte, soit plus tard par M. John Leuba :

*Rhynchonella multiformis,* Rœm.
*Terebratula acuta,* Quenst.
*Astarte gigantea,* Pict. et C.
*Toxaster complanatus,* Des.

Il n'y a pas, comme dans la plupart des poches hauteriviennes du bord du lac de Bienne, des fragments usés par frottement de calcaire valangien inférieur ou autres, disséminés dans la masse marneuse, montrant que celle-ci doit avoir été pétrie pendant le transport dans son gisement actuel. Ici, au contraire, la marne doit s'être déplacée en une seule masse, sauf peut-être la partie inférieure qui a dû frotter sur la surface de glissement. Cependant le fond de la poche n'est pas visible, l'excavation n'ayant pas été poussée assez profondément. Le contact entre la marne et le Valangien n'est pas immédiat, mais il y a du côté amont, comme du côté aval, une brèche ou blocage, composée presque exclusivement de calcaire valangien (*Vb.*). La marne se mélange à ces blocs, en pénétrant dans les interstices, mais non sur toute l'épaisseur. Les blocs de cette brèche sont plus ou moins arrondis et *couverts de stries de glissement,* ce qui provient sans doute de leur entrefrottement pendant le mouvement glissant. Ils repré-

sentent une brèche de friction qui a dû servir de lit à la marne en mouvement.

L'excavation, due sans doute à l'érosion, qui a reçu ce remplissage marneux et brèchoide, doit avoir eu la forme d'un creux transversal à la pente du terrain ou oblique à celle-ci en s'enfonçant du N. au S., soit dans la direction de la grande poche-ravin derrière le restaurant du Jura-Neuchâtelois. En effet, tandis qu'on ne voit pas le fond du remplissage marneux dans la partie sud de la fouille, on constate par contre dans la partie nord que le fond en blocage passe visiblement au-dessous du lambeau de marne. Il est vrai que nous ne savons pas quelle est la profondeur réelle de l'excavation, puisque l'épaisseur de ce blocage n'est pas connue. En admettant toutefois que cette épaisseur est sensiblement la même, nous pourrions en déduire que le fond rocheux est plus haut dans la partie N.E., où le lit de brèche vient au jour au-dessous de la marne. Un autre argument en faveur de cette supposition est que de ce côté la largeur du lambeau de marne n'est plus que de 2 à 3 m., alors qu'elle est de 6 m. du côté S.W.

Ici, comme pour la poche hauterivienne derrière le restaurant du Jura-Neuchâtelois, comme aussi pour tous les gisements anormaux du Hauterivien dans la région du lac de Bienne, la genèse doit s'expliquer par un *glissement de terrain* dans des excavations préexistantes, creusées par l'érosion. Ces mouvements de terrain ont eu lieu avant l'époque glaciaire, par suite de l'enlèvement du pied des couches fortement inclinées. Ce phénomène rentre donc dans la catégorie des éboulements et glissements de terrains.

Le Valangien n'est pas visible du côté immédiatement en amont de la poche; de ce côté tout est formé de blocage couvert de moraine. On a fait encore des fouilles au-dessus de cet endroit, en vue de la construction d'une autre maison et on y a atteint le Valangien inférieur en place au-dessous de la moraine. Cette poche rentre d'après sa forme dans le type des poches ouvertes en haut et représente en petit la configuration de celle de « Im Rusel », au N.E. de Daucher, sur le bord du lac de Bienne.

Cet accident a été une surprise heureuse pour la géologie, mais fort désagréable pour l'entreprise en question qui comptait trouver sur l'emplacement des constructions projetées de la pierre utilisable pour l'édification de celles-ci, tandis qu'on n'y a trouvé que de la marne qu'il a fallu charrier au lac et de la moraine que l'on a dû évacuer de même pour la plus grande partie.

**Bibliographie.**

H. Schardt et E. Baumberger. « Etudes sur l'origine des poches hauteriviennes dans le Valangien inférieur entre Gléresse et Bienne », *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, t. XXXI, 1895, p. 247-288, et *Eclogæ geol. helv.*, t. V, p. 159, 1897 (édition allemande).

H. Schardt. « Une poche hauterivienne dans le Valangien aux Fahys, près Neuchâtel. » *Mél. géol.*, fasc. 1, *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXVIII, 1900, p. 180-190.

H. Schardt. « Sur divers gisements anormaux du Crétacique. » *Mél. géol.*, fasc. 5, *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXII, p. 81-98.

## XLV

## Un décrochement transversal au chaînon de Châtollion sur Saint-Blaise.

(avec trois profils et un cliché)

Le chaînon de Châtollion qui s'élève au N.E. de Saint-Blaise en forme d'anticlinal d'abord régulier, puis chevauché vers le N.W., présente en même temps, presque au point où commence le pli-faille, un singulier décrochement qui n'avait pas attiré mon attention jusqu'ici. Il n'est d'ailleurs pas d'une très grande importance, mais il acquiert une certaine signification à cause de sa relation probable ou possible avec le chevauchement de ce chaînon.

J'avais constaté, il y a déjà une douzaine d'années, que cet anticlinal a été chevauché du côté du synclinal de Voëns par un pli-faille qui met en contact discordant le Valangien inférieur renversé et le Portlandien supérieur, partie inférieure. Le contact en question se voit parfaitement bien au droit de la maison de la Goulette. Nous devons à M. le Dr Félix Béguin des détails sur l'importance de cet accident, dont il évalue le rejet à 35 m. environ. (« Un pli-faille à Châtollion », *Bull. Neuch.*, t. XXVIII, 1900, p. 206-214.)

Le commencement de ce pli-faille se place près de l'endroit où, sur la carte Siegfried, se trouve au N.E. de Saint-Blaise la cote 505 m. Jusqu'à ce point, l'anticlinal qui s'élève graduellement dès le bord du lac, paraît encore complet, bien que le flanc W., tourné du côté de Chaumont, soit nettement déjeté et certaines couches peut-être réduites en épaisseur. En effet, lorsqu'on suit le profil en travers de cette colline

entre le marais du Loclat et la route de Voëns près de la courbe 510 m., on constate que du côté E. couvert de vignes les couches plongent régulièrement vers E.-S.E. de 30 à 40° (20° seulement au droit du village de Saint-Blaise). On trouve successivement l'Urgonien supérieur, l'Urgonien inférieur, la pierre jaune du Hauterivien supérieur, puis un palier indique la présence des marnes du Hauterivien inférieur. Le chemin qui de Saint-Blaise conduit à Châtollion, en longeant un mur de clôture de vigne, se trouve sur le sommet du Valangien inférieur. Le Valangien supérieur est donc en partie sous le chemin et en partie sous le haut des vignes qui s'étendent aussi sur le Hauterivien. Le Valangien inférieur forme la partie culminante de cette section de la colline. On y constate très bien la forme anticlinale des couches qu'on a exploitées autrefois. Mais le plongement dans la direction du vallon de la Goulette est très brusque; à peine a-t-on dépassé la ligne de faîte que les bancs s'enfoncent vers le W.-N.W. de 70 à 75°. Sur le marbre bâtard du Valangien inférieur se place directement un placage de calcaire limoniteux du Valangien supérieur. Le fond plat du vallon doit être forcément sur la marne hauterivienne. Mais elle ne doit pas occuper une place bien large, car entre la combe et la route se place un massif de calcaire urgonien supérieur plongeant en sens contraire. Il y a donc sur l'emplacement de cette combe non seulement la dépression causée par l'érosion des marnes hauteriviennes, mais encore un synclinal, dont cependant le flanc E. manque complètement, enlevé qu'il est par l'érosion. On voit donc que le pli de Châtollion est dès son origine franchement asymétrique, accusant un déjettement du côté de l'W., mais on ne saurait affirmer qu'il existe déjà dans cette partie que nous venons de considérer un véritable pli-faille le long du flanc déjeté. Le profil I ci-contre (fig. 16) passe cependant un peu plus près du lac que l'endroit décrit. Le Valangien n'y vient pas au jour, l'anticlinal est moins asymétrique et le petit synclinal est presque complet et contient de la molasse.

Un peu au N.E. du point coté 505 m., à l'endroit où s'arrête la vigne qui atteint ici presque la croupe culminante de la colline, on voit que le calcaire valangien qui se développe le long du chemin de Châtollion, s'arrête également, et, sur une largeur de près de 100 m., on a devant soi une prairie presque plane, occupant certainement l'emplacement d'un terrain marneux. L'âge de ce terrain n'est pas douteux après la constatation qu'à partir du mur de clôture de la dite vigne (qui est située sur la marne hauterivienne, ainsi qu'il

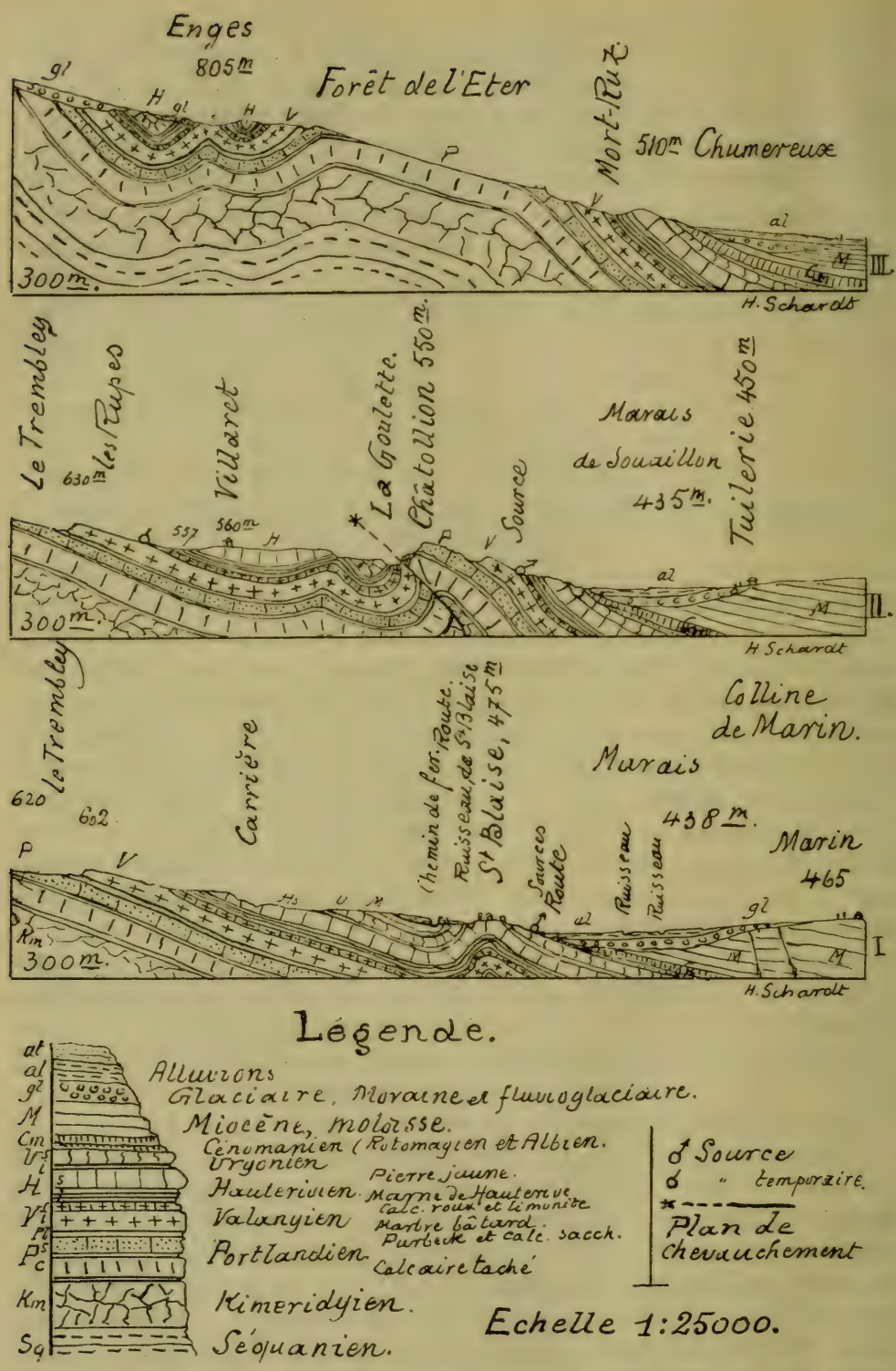



*Fig. 16, 17, 18.* Trois profils géologiques à travers le chaînon de Châtollion-Rochoyer.

a été dit plus haut), c'est la pierre jaune du Hauterivien supérieur qui se place ainsi sur le prolongement de la marne hauterivienne. C'est donc ce dernier terrain qui occupe l'emplacement de la prairie en question, au-devant (N.W.) de la pierre jaune et en se plaçant ostensiblement sur le prolonge-

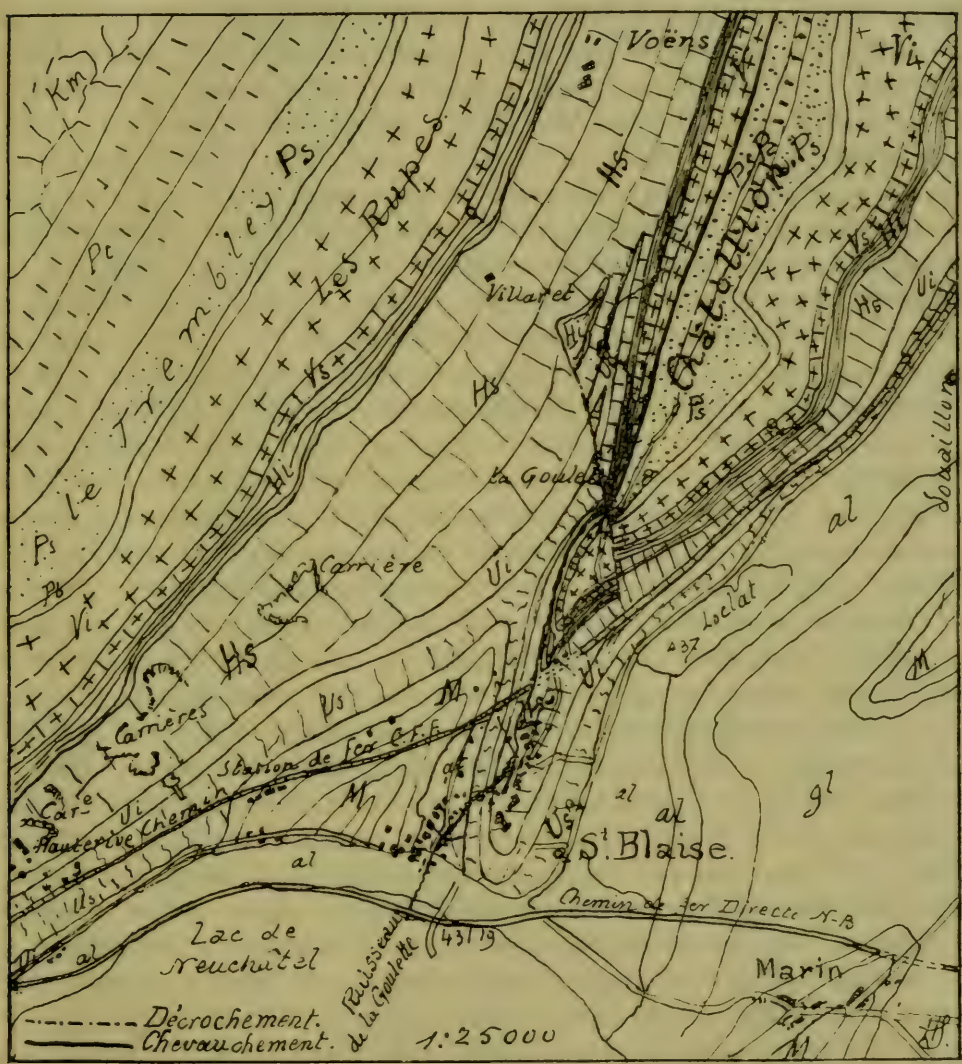



*Fig. 19.* Croquis de la situation du décrochement du pli-faille du chaînon de Châtollion. Même légende que les profils.

ment du Valangien. En effet, lorsqu'on suit le bord de ce dernier dans la direction du N.W., soit presque à angle droit avec l'alignement des couches, on retrouve le Valangien avec sa direction normale et plongeant contre la prairie, soit sous la marne hauterivienne que nous supposons là. Cette pré-

somption devient certitude par la présence de traces du calcaire roux du Valangien supérieur le long de la ligne de contact. En revenant ensuite sur le chemin qui se dirige vers le haut de Châtollion, on voit que les deux bandes de Valangien se joignent en formant un angle un peu plus ouvert qu'un angle droit. C'est surtout le long d'un sentier qui descend de ce point dans la combe de la Goulette que la situation se montre d'une façon particulièrement claire. Dans le haut on voit le Valangien de part et d'autre en contact. Mais tandis que du côté W., c'est le Valangien du flanc S.E., avec plongement dans le même sens, on a par contre du côté E. ce même terrain avec plongement N.W., parce que c'est le Valangien du flanc N.W. de l'anticlinal. Après s'être engagé dans le dit sentier, on se trouve en présence d'un contact plus surprenant encore; à la gauche (W.) c'est toujours le Valangien inférieur du flanc N.W., sur lequel se superpose un peu plus loin le calcaire limoniteux; nous sommes donc près de la limite supérieure de cet étage; mais à droite se montre le calcaire saccharoide caractéristique du Portlandien supérieur. La distance de l'un à l'autre n'est que la largeur du sentier; il n'y a conséquemment aucun doute que ce sentier suit un *contact anormal,* dont la nature est trahie par la présence sur le calcaire valangien à gauche du sentier d'un beau miroir de glissement vertical portant des stries sensiblement horizontales. Ces contacts anormaux des divers terrains que nous venons de constater sont donc dus à un *décrochement horizontal* de la partie N.E. du chaînon de Châtollion, le long d'un plan de glissement sensiblement vertical ayant presque la direction du méridien magnétique, et coupant la colline de part en part, en amenant le Portlandien supérieur en présence de la partie supérieure du Valangien inférieur. La valeur du rejet peut donc être évaluée à environ 60 m., soit l'épaisseur du Valangien inférieur et d'une partie du Portlandien supérieur, en tenant compte en outre de la déclivité des couches. La petite carte ci-contre (fig. 19) rend compte aussi bien que possible de la situation de cet accident dans la projection horizontale. En traversant la combe de la Goulette dans la direction de ce décrochement, on arrive en face d'une paroi de calcaire compact qu'il n'est pas difficile de reconnaître pour de l'Urgonien supérieur plongeant vers le S.E. Cette paroi est marquée de stries de glissement horizontales bien distinctes et il n'est guère douteux qu'elle appartient à la lèvre S.W. du même décrochement. Ce fait paraît d'autant plus évident que sur le prolongement

de cette paroi se place, sur le flanc N.W. de la combe, la pierre jaune (Hauterivien supérieur) qui devrait se trouver bien plus au S.E. Ces couches plongent d'ailleurs en sens inverse à celles de l'Urgonien; elles appartiennent donc à un autre élément tectonique que ce dernier, soit au flanc S.E. du synclinal, tandis que l'Urgonien fait partie du flanc N.W. Ces deux terrains sont arrivés en contact par un déplacement de la lèvre N.E. du décrochement. Ici cependant il n'est pas possible de déterminer la valeur du mouvement, comme le contact entre le Valangien et le Portlandien nous a permis de le faire. Il est probable que le rejet n'est pas inférieur à l'évaluation précédente. Il est à remarquer en outre que la direction du vallon de la Goulette subit une déviation sensible; de la direction S.E.-N.W. qu'il a à son entrée en amont de Saint-Blaise, il passe à une direction S.N. jusqu'au-dessous de la maison de la Goulette, pour reprendre ensuite son ancien alignement. C'est le décrochement que suit le sillon d'érosion sur une certaine longueur qui est la cause de cette déviation.

C'est à partir de la traversée de ce plan de rupture à travers la combe de la Goulette que se montre sur le flanc E. de celle-ci le remarquable pli-faille que j'ai mentionné au début. On peut bien admettre qu'il se prépare déjà auparavant, soit au S.E. de la ligne de rupture, où l'on constate un étranglement de la marne hauterivienne; mais le Valangien y est au complet. Au N.E. du décrochement, par contre, le Valangien est presque complètement oblitéré, recouvert par le Portlandien qui surgit subitement à partir du plan de décrochement (voir la carte, fig. 19). Vis-à-vis de la maison de la Goulette se voit encore sur le fond du vallon une petite saillie au pied de Châtollion; elle est formée de Valangien inférieur avec une bordure de calcaire roux. Ces couches s'enfoncent visiblement sous les rochers formant le pied de la colline et qui appartiennent au Portlandien supérieur, plongeant au N.W. Un peu en amont de la Goulette se voit du calcaire limoniteux ou Valangien supérieur presque au pied même du Portlandien et au contact du plan de chevauchement du pli-faille apparaît le Valangien inférieur, partie supérieure, renversé (voir profil II, fig. 17).

Les deux accidents que nous venons de définir sont évidemment en relation, en ce sens que les deux sont le produit de la poussée disloquante venue du S.E. qui a provoqué le plissement du Jura. Mais il n'est pas possible d'affirmer que le décrochement de Châtollion soit uniquement la conséquence

du pli-faille, en le considérant comme la limite S.E. de ce dernier. Dans ce cas, il ne devrait affecter que des terrains qui se trouvent *au-dessus* du plan de glissement du pli-faille. La circonstance relevée plus haut que la pierre jaune qui se trouve *au-dessous* du plan du pli-faille, a été décrochée et placée à côté de l'Urgonien, montre bien que le décrochechement n'est pas uniquement une conséquence accessoire du pli-faille. Car il atteint aussi des couches qui se trouvent *au-dessous* de celui-ci. Chacun de ces deux accidents pouvait parfaitement se développer tout à fait indépendamment l'un de l'autre.

Il y a lieu de dire ici deux mots au sujet de la situation du pli de Châtollion en général et du caractère du synclinal de Voëns-Enges en particulier.

L'anticlinal accessoire de Châtollion présente dans son apparition quelque analogie avec le petit anticlinal du Kapf-Trämelfluh sur Douanne (lac de Bienne), et le synclinal de Voëns est, toute proportion gardée, l'homologue du petit vallon de Gaicht. A la Trämelfluh les couches sont également plus inclinées du côté intérieur que du côté du lac. Le synclinal de Gaicht est compliqué, à son entrée surtout, d'écrasements et de failles manifestes. Mais tandis que l'anticlinal de la Trämelfluh va en s'applanissant rapidement, en ne formant plus finalement qu'un épaulement, celui de Châtollion s'élève de plus en plus pour former, au-delà du ravin du Mort-Ruz, le chaînon du Rochoyer et, après une conversion vers le S.E., le grand anticlinal de la chaîne du lac, dont le flanc intérieur continue à être renversé ou peut-être chevauché par places le long du haut plateau synclinal de la montagne de Diesse, jusqu'au vallon du Jorat. Ce plateau est donc le développement du synclinal de Voëns.

Une autre différence très importante réside dans la comparaison détaillée du synclinal de Gaicht avec celui de Voëns-Enges. Le premier est certainement une cuvette étroite en forme de V ; il s'ouvre au-dessus de Douanne en forme d'étroit couloir, la combe de la Cros. Mais le vallon de Voëns semble, au contraire, largement ouvert, bien que l'entrée étroite de la combe de la Goulette ne soit pas sans analogie avec l'étroit couloir de la Cros. Tout le village inférieur de Saint-Blaise est sur de la molasse aquitanienne, dont les marnes bariolées ont été mises à découvert bien des fois lors de la construction de bâtiments. Ce terrain s'élève même jusqu'au-dessus de la gare des C. F. F. La tranchée du chemin de fer y est entaillée jusque dans le voisinage du tunnel. Sous la moraine et le

terrain tufeux de la région de la Creuse et du cimetière, il y a certainement de l'Aquitanien. Ce dernier terrain a encore été mis à découvert lors de la fondation de plusieurs maisons en amont de la route conduisant de la gare des C. F. F. à la route de Voëns; les maisons en amont du chemin de fer sont probablement encore sur l'Aquitanien. Ce terrain s'introduit donc assez profondément dans le synclinal entre Châtollion et Chaumont (voir le profil I, fig. 16). Si ce synclinal paraît largement ouvert dans la région de Voëns et de Maley, bien que son entrée soit étroite à la combe de la Goulette, c'est qu'il y a deux éléments à distinguer. En premier lieu l'étroit synclinal de la Goulette, le long duquel naît le pli-faille de Châtollion et un deuxième synclinal, bien plus large, qui commence à se dessiner au N.W. du premier, à partir du Villaret, sur le large talus de pierre jaune et d'Urgovien qui s'abaisse vers le pied de Châtollion. Entre le Villaret et le ravin de la Goulette se voit fort bien l'anticlinal intermédiaire; la pierre jaune plongeant légèrement vers Chaumont laisse affleurer à son pied, près du contour de la route, la marne hauterivienne, tandis que plus bas les couches plongent de nouveau au S.E., dessinant le synclinal de la Goulette (voir profil II, fig. 17). L'Urgonien n'atteint pas Voëns, car il s'arrête déjà au-dessous du Villaret, dans le bassin de la Goulette. Les affleurements de pierre jaune des environs de Voëns permettent encore de constater les deux cuvettes synclinales, mais plus au N.E., dans la région de Maley, le développement énorme de la couverture morainique empêche toute observation. Ce n'est qu'à partir de Frochaux que l'on peut de nouveau reconnaître la structure du synclinal qui semble s'élever en forme d'étroit couloir vers le vallon d'Enges. Mais en réalité le Néocomien y occupe une assez grande largeur. Il résulte du plongement des couches observables, soit sur la grande route conduisant à Enges, où l'on suit sur une certaine longueur la pierre jaune plongeant au S.E. (45°), soit sur le sentier qui suit la dépression des marnes hauteriviennes dans la forêt de l'Eter, au N. de Frochaux, qu'il doit y avoir un anticlinal intermédiaire. Les observations qu'il est possible de faire dans le voisinage même du village d'Enges ne laissent subsister aucun doute à cet égard. Au-dessous du village ou voit nettement dans le Valangien inférieur une courbure anticlinale. Et un peu plus haut, de part et d'autre du village, on peut constater les deux synclinaux latéraux de Hauterivien, séparés par un anticlinal de Valangien (voir profil III, fig. 18). Au N.E. d'Enges, le développement des dépôts morainiques

empêche malheureusement de suivre le prolongement des allures de cet intéressant synclinal. Tandis qu'à Enges le pli-faille constaté à Châtollion n'existe certainement pas, la nouvelle édition de la carte géologique suisse 1 : 100000, feuille VII, en indique la réapparition au N.E. de ce village. Les observations de M. Félix Béguin conduisent à la même conclusion.

## XLVI

## Notes sur les gisements asphaltifères du Jura.

(avec un plan et un cliché)

### I. Introduction.

Il n'est pas besoin d'insister ici tout spécialement sur le fait que les gisements de bitume exploités dans le Jura neuchâtelois, ainsi que les imprégnations d'asphalte plus ou moins concentrées qui se rencontrent dans diverses régions de cette partie du Jura, se trouvent presque exclusivement dans l'étage Urgonien ou Néocomien supérieur. Ce fait a été relevé dans de nombreuses publications. Il est vrai que dans deux localités du Jura on connaît la présence d'asphalte dans un niveau bien plus ancien, le Bathonien; nous en reparlerons en temps et lieu. Il ressort du profil géologique (pl. III) joint à cette note que le calcaire qui contient l'asphalte dans le Val-de-Travers, n'est en tout cas pas en continuation directe avec celui dont l'exploitation fut poursuivie pendant quelque temps près de Saint-Aubin, bien que les uns et les autres de ces gisements se trouvent dans le même étage géologique. Toutefois, au Val-de-Travers, l'asphalte imprègne exclusivement l'Urgonien supérieur et une partie de l'Aptien, ainsi que l'Albien inférieur, tandis qu'à Saint-Aubin il se trouve dans l'Urgonien inférieur et supérieur.

Cette non-continuité est due à deux circonstances. D'une part à l'érosion qui a enlevé sur la chaîne du Creux-du-Van-Chasseron la couverture néocomienne qui allait autrefois sous forme d'une calotte ininterrompue des Planes sur Travers (vallon des Ruillières) jusqu'au bord du lac de Neuchâtel. Puis une dislocation dans le sens d'un pli-faille, ayant conduit à un véritable chevauchement, fait que sur toute la longueur du flanc S.E. du Val-de-Travers le Jurassique supérieur, soit

le Portlandien, soit le Kimeridgien, vient se superposer sur le Tertiaire qui remplit le fond de ce synclinal. Le mouvement horizontal par lequel les couches supérieures du Jurassique sont venues se superposer sur les terrains tertiaires beaucoup plus récents, n'est certainement pas loin d'un kilomètre. Toute la série des terrains formant le flanc S.E. de la vallée a de ce chef été coupée par une fissure oblique s'enfonçant de 30 à 40° au S.E. presque transversalement aux couches, puis par la poussée horizontale qui a fait naître les chaînes de plissement du Jura, la partie la plus élevée a été poussée par-dessus la partie inférieure, faisant ainsi un cheminement d'environ un kilomètre. Au cours de ce mouvement s'est produit la singulière inflexion en forme de cuvette accessoire, à laquelle le vallon des Ruillières doit son existence. En se représentant d'après notre profil le mécanisme de la formation de cette dislocation, il est facile de se rendre compte de cet effet accessoire. Le palier des Ruillières coïncide précisément avec la région où le dit pli-faille a le plus fort rejet. C'est par l'effet de cette poussée horizontale que le fond de la cuvette brachy-synclinale du Val-de-Travers a été écrasé en formant en tout cas deux plissements accessoires, au lieu de conserver la forme d'une cuvette plane.

Si aujourd'hui la continuité n'existe plus entre les couches néocomiennes du Val-de-Travers et celles du bord du lac de Neuchâtel, il n'en est pas moins incontestable que cette continuité *devait exister antérieurement à la formation du pli-faille,* dont il vient d'être question et *avant que l'érosion ait démantelé la partie supérieure de la haute chaîne anticlinale* qui sépare ces deux régions. Si donc l'ancienne continuité du banc urgonien de l'une à l'autre est certaine, il n'en est pas de même pour la teneur en asphalte. On ne saurait donc formuler aucune conclusion, ni même une supposition à cet égard, attendu que le terrain en question n'y existe plus aujourd'hui et que les observations sur la répartition de l'asphalte dans le calcaire urgonien nous conduisent à deux conclusions très importantes :

1° *Que la teneur en asphalte est très inégale et varie dans la même région considérablement d'un endroit à l'autre et cela très brusquement.* On ne saurait donc conclure d'après la présence d'imprégnation bitumineuse dans deux endroits que la couche autrefois continue, mais aujourd'hui enlevée par l'érosion, ait aussi contenu de l'asphalte dans la région intermédiaire.

2° *Que l'asphalte qui forme au sein d'un calcaire poreux une imprégnation pouvant aller au maximum à 20 %, mais générale-*

*ment bien moins, n'y a pas toujours existé.* Le calcaire urgonien s'est formé primitivement comme calcaire poreux organogène blanc, composé de débris de coquilles, foraminifères, bryozoaires, coraux, etc., tous broyés par l'action des vagues sur le fond de la mer, naturellement à faible profondeur, puis entraînés par des courants et entassés en couche étendue par des courants marins. Dans ces conditions, la formation simultanée d'asphalte est absolument exclue et il faut conclure *que cette matière y a pénétré plus tard. L'asphalte de l'Urgonien est un gisement secondaire.* Il s'est produit dans un autre gisement, peut-être antérieurement peut-être postérieurement à l'époque urgonienne et a pénétré dans ce terrain grâce à sa porosité, probablement peu de temps après sa formation et avant que la roche ait atteint sa dureté complète. J'ai déjà développé ailleurs (*Bull. Soc. neuch. sc. nat.,* t. XXXIV, 1905-7, p. 311-313) les motifs qui imposent cette conclusion et qui ne sauraient échapper à l'observateur attentif. Je n'ai qu'à ajouter que la grande extension de l'imprégnation par imbibition qui pourrait paraître difficilement explicable de la part d'une matière aussi visqueuse et même tenace s'explique sans peine, si nous admettons, ce qui est maintenant un fait généralement connu et démontré, autant par l'observation que par l'expérience, que les asphaltes ont été primitivement bien plus fluides et qu'en réalité *ils ont tous été à l'origine des naphtes,* dont la mobilité est aussi parfaite que celle de l'eau. L'épaississement du naphte et sa transformation en asphalte visqueux, ou même en bitume solide et cassant, intervient soit par évaporation des composants volatiles, soit par oxydations des huiles fixes. On sait d'ailleurs que parmi les très nombreux gisements de naphte aujourd'hui en exploitation dans les diverses parties du monde, il en est beaucoup pour lesquels la nature secondaire a été reconnue. Le *terrain-mère,* dans lequel le naphte a pris naissance au cours d'un processus dont nous parlerons plus loin, a abandonné l'accumulation d'huile minérale, par des causes diverses, parmi lesquelles on peut mentionner *l'action des eaux souterraines et surtout les dislocations.* L'huile minérale a « émigré » et est venue s'accumuler dans un autre terrain et dans une région, souvent fort lointaine, où la pression était moindre et les conditions de séjour plus en rapport avec les forces moléculaires de ce liquide. L'émigration s'est faite parfois à travers d'étroites cheminées, comme aussi à travers les innombrables fissures des terrains disloqués, absolument en conformité avec ce qui se passe dans la circulation des eaux souterraines. A cela

s'ajoute encore pour les naphtes la tension des éléments gazeux qui s'y trouvent dissous, ce qui produit une circulation analogue à celle des eaux gazeuses, saturées d'acide carbonique, associé parfois d'hydrocarbures (salses). Une fois logé dans son nouveau gisement, le naphte peut fort bien conserver sa fluidité, s'il ne peut ni perdre ses composants volatiles ni s'oxyder. Mais contenu dans un terrain très poreux et au surplus au contact de l'air, il s'épaissit et devient asphalte, ce qui est généralement le cas dans le Jura.

Après ce préambule qui donne les éléments de la situation géologique des gisements d'asphalte de notre canton, ainsi que les relations qui se rattachent à la signification génétique de ceux-ci, nous pouvons aborder l'étude de chacune des deux régions, pour rechercher ensuite l'origine de cette matière à composition organique, bien que gisant dans un milieu inorganique minéral.

## II. Gisements de Saint-Aubin et des bords du lac de Neuchâtel.

Il est bien probable que le gisement de Saint-Aubin a été connu bien antérieurement à la fondation de ce village, puisqu'on rencontre l'asphalte dans les ustensiles des lacustres du lac de Neuchâtel. A moins qu'il soit démontré que cette substance a été importée de loin, on est en droit d'admettre que ces premiers habitants des bords du lac ont réellement su extraire cette matière du calcaire asphaltifère de cette localité, ce qui devait pouvoir se pratiquer en chauffant la roche en vase clos.

Un projet d'exploitation de ces couches en 1857 a motivé de la part de MM. Desor et Kopp une étude géologique et technique (*Bull. neuch.*, IV, p. 358). Ils constatèrent sur l'emplacement choisi dans ce but que précédemment on avait déjà exploité de la pierre, sans qu'on pût déterminer que ce fût là l'endroit où exploitèrent les lacustres ou peut-être les Romains. Il n'existe pas de renseignements sur ce fait. On avait exploité trois bancs imprégnés de $0^m,80$, $0^m,90$ et $0^m,60$ d'épaisseur, recouverts de $0^m,80$ de calcaire fracturé contenant des traces d'imprégnation de bitume. L'exploitation nouvelle a été pratiquée, comme l'ancienne, en carrière à ciel ouvert. On a constaté en outre, au moyen d'un sondage, encore sept autres bancs contenant jusqu'à 3,9 % d'asphalte. La nouvelle industrie, qui ne prospéra guère, avait pour but la fabrication de tuyaux en carton bitumé et de mastic

d'asphalte. Elle disposa d'une concession de 1824 m² de surface. Mais moins de dix années plus tard elle fut abandonnée. L'exploitation ne porta que sur la zone comprise entre la route cantonale et la voie ferrée. On y voit fort bien encore l'excavation de la carrière, vis-à-vis de l'hôtel Pattus. (Voir le profil fig. 20.)

En dehors de cet emplacement, où les couches plongent au S.E. de 14° à 15° avec une direction de N. 50° E., on constate l'imprégnation d'asphalte plus ou moins abondante dans un rayon assez étendu autour de Saint-Aubin. Elle est la plus forte et la plus constante dans une région centrale qui s'appuye sur le bord du lac sur moins d'une centaine de mètres de part et d'autre de l'hôtel Pattus et qui s'élève jusqu'à la

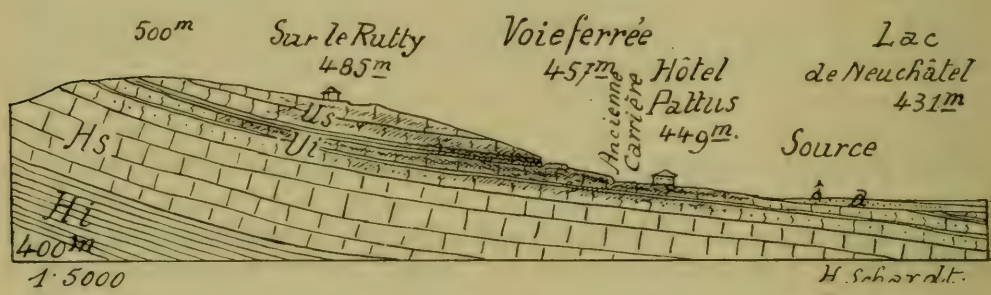



*Fig. 20.* Coupe géologique
à travers les gisements de calcaire asphaltifère de Saint-Aubin.

LÉGENDE :

*A.* Alluvions lacustres. *Hs.* Hauterivien supérieur.
*Us.* Urgonien supérieur. *Hi.* Hauterivien inférieur.
*Ui.* Urgonien inférieur.
La partie hachurée est asphaltifère.

voie ferrée ou un peu plus haut. On constate en particulier des places de forte imprégnation, mais irrégulière, dans la tranchée de la voie ferrée au-dessous du cimetière, dans des couches inclinées de 25°.

Dans la région de Sauges, l'imprégnation bitumineuse faible se montre encore de distance en distance. On en voit dans une ancienne carrière en amont de la maison d'école de Saint-Aubin, dans des couches qui plongent de 10° vers le S.E. Dans une carrière avant Sauges, on voit de l'imprégnation bitumineuse faible dans la couche du sommet, au-dessus d'un calcaire noduleux marneux, contenant des fossiles de l'Urgonien inférieur. Il semble donc que la région située au N. de l'hôtel Pattus constitue en quelque sorte un centre d'imprégnation, tandis que dans un certain rayon tout autour la richesse en asphalte va en se réduisant. C'est là un des

arguments les plus péremptoires contre l'hypothèse, mentionnée au début, d'une ancienne continuité de l'imprégnation de Saint-Aubin jusqu'au Val-de-Travers. Contre cette supposition on pourrait encore arguer que dans cette dernière localité c'est la *partie tout à fait supérieure de l'Urgonien* qui est imprégnée d'asphalte, tandis que les gisements de Saint-Aubin l'offrent surtout dans le niveau inférieur de l'Urgonien supérieur et d'une partie de l'Urgonien inférieur. Ce ne serait toutefois pas un argument contre la continuité, attendu que l'imprégnation qui est indépendante de la genèse et de l'âge de la roche qui la renferme, peut parfaitement s'être produite dans le Val-de-Travers dans les couches supérieures et à Saint-Aubin dans les couches inférieures, uniquement parce que ces terrains sont dans ces deux endroits des *calcaires poreux,* donc capables de s'imbiber. En effet, l'Urgonien inférieur des environs de Travers est un calcaire jaune non poreux, donc pas imprégnable. Il ne contient point d'asphalte, pas même dans ses craquelures. Tandis que l'Urgonien supérieur est au bord du lac parfois compact, sauf dans la partie inférieure, alors que l'inférieur est parfois très uniformément poreux. Ceci est particulièrement le cas dans une carrière au-dessus du village de Bevaix (carrière Gigy), où l'Urgonien supérieur ne forme qu'une très faible épaisseur de calcaire fracturé avec *Requienia Ammonia.* Les couches de l'Urgonien inférieur sont ici en partie coralligènes, et exploitées en assez grande épaisseur comme pierre de taille; en particulier un banc de calcaire à grain fin et homogène, uniformément poreux et se prêtant de ce chef admirablement au sciage et à la taille. Ce calcaire est sur une certaine épaisseur complètement imprégné d'asphalte, plus fortement semble-t-il qu'à Saint-Aubin. Il a été utilisé comme tel pour la construction, et comme la pierre asphaltifère prend à l'air une teinte grise assez agréable, on a même apprécié cette pierre tout spécialement, à cause de cette nuance due à sa teneur en asphalte. Non imprégnée, elle a une couleur gris-jaune très claire. Elle est nettement située au-dessous des calcaires marneux contenant la faune de la Russille (Urgonien inférieur), cependant ce n'est pas encore la pierre jaune (Hauterivien supérieur) car les mêmes fossiles se trouvent encore au-dessous.

Le même fait se présente encore près de Serrières, à côté du pont de la route cantonale. La couche calcaire sur laquelle se trouve le calcaire marneux à *Goniopygus peltatus* (marne de Russille), présente un grain très régulier et une porosité

uniforme. On y trouve de l'asphalte en imprégnation assez irrégulière, tantôt sur toute l'épaisseur, tantôt seulement en traînées, tantôt la roche en paraît seulement tigrée. Au-dessous du même escarpement qui borde la gorge de la Serrière, on a même constaté des imprégnations d'asphalte dans du calcaire poreux du Hauterivien supérieur. On pourrait déduire de cette circonstance que l'infiltration a progressé du haut en bas, fait sur lequel nous reviendrons plus loin.

Il y a des infiltrations asphaltiques dans l'Urgonien supérieur dans toute la région entre Auvernier et Serrières. Elles s'élèvent des bords du lac jusqu'à la hauteur de la gare de Corcelles, partout où se rencontre le placage de ce terrain qui est le plus élevé de la série néocomienne. On voit des infiltrations asphaltiques dans le calcaire urgonien supérieur des falaises qui dominent aujourd'hui la route suivant le bord du lac. C'est là surtout, ainsi qu'à Bevaix, que Jaccard[1] a cru trouver des arguments pour attester l'origine de l'asphalte par la décomposition de la matière organique des mollusques et des animaux des coraux, dont les restes fossiles se trouvent en grand nombre dans ces calcaires. Mais, ainsi que je l'ai montré, la place qu'avaient occupée ces animaux est précisément *privée* de bitume, formée par un remplissage pierreux, le moule, *tandis que la substance asphaltique occupe la place de la coquille*, qui fut résorbée après la fossilisation. Ces exemples montrent au contraire que l'imprégnation n'est venue occuper la place où elle se trouve aujourd'hui que longtemps après la fossilisation des animaux et la consolidation du calcaire; elle ne peut donc pas dériver des animaux, dont elle occupe la place de la coquille ou du polypier.

Les bords du lac de Neuchâtel nous montrent donc une imprégnation asphaltique en général faible et très irrégulièrement répandue. Elle est limitée exclusivement à des *calcaires poreux,* donc susceptibles de s'imprégner, qu'ils appartiennent à l'Urgonien supérieur ou inférieur, ou au Hauterivien supérieur, à ce dernier exceptionnellement. Les faciès compacts de l'Urgonien sont toujours privés de bitume, au moins dans cette région, qu'ils contiennent beaucoup ou peu de fossiles. Aux environs d'Orbe, de Valleyre-sous-Rance et au Mormont, dans le canton de Vaud, on a cependant souvent rencontré de l'asphalte visqueux dans des fissures et vacuoles du calcaire urgonien compact, de même aussi dans la région au S.

[1] *Biblioth. scient. internat.*, t. 81, « Le pétrole », etc., 1895. « Etudes géologiques sur l'asphalte et le bitume », *Bull. neuch.*, t. XVII, 1890. « L'origine de l'asphalte », etc., *Arch. des sc. phys. et nat.*, Genève, t. XXIII et XXIV, 1890.

de Gex, près de Thoiry et d'Allemagne. La présence de cristaux de calcite sur les parois des crevasses démontrent qu'ici de même la pénétration de l'asphalte est plus récente que la formation de la roche et les sécrétions de calcite. Celle-ci était déjà durcie et capable de se fissurer lorsque l'asphalte a pénétré dans les dites fissures.

### III. Gisements du Val-de-Travers.

A titre historique, je rappelle brièvement que la présence de pierre asphaltifère dans la région du Val-de-Travers a été connue dès 1626, où elle fut mentionnée pour la première fois sous le nom de terre de poix (Hartz-Erde). Il s'agit sans doute d'un endroit près de Buttes, aujourd'hui inconnu, probablement recouvert. On découvrit ensuite le gisement du Bois-de-Croix, près de la combe Bayon sur Travers, exploité presque exclusivement jusque vers le milieu du XIXme siècle, soit jusqu'à son épuisement complet, bien que, déjà en 1801, Léopold de Buch ait reconnu la présence de la même couche sur la rive droite de l'Areuse, près de La Presta. Mais l'exploitation au Bois-de-Croix était plus facile, parce que la couche asphaltifère formait là un lambeau entièrement à découvert, pouvant être exploité en carrière, tandis que sur la rive opposée la couche est en affleurement étroit, plongeant au surplus vers l'intérieur de la montagne, recouverte en outre par des terrains argileux très délitables et ébouleux. L'épuisement du gisement du Bois-de-Croix, vers le milieu du dernier siècle et le transport de l'exploitation sur l'autre flanc de la vallée près de La Presta, fit reconnaître bientôt que l'exploitation ne pouvait se continuer qu'en souterrain. L'Etat de Neuchâtel s'étant attribué par une loi (19 juin 1867) la propriété des gisements d'asphalte du canton, fit explorer l'étendue de ceux-ci par des sondages, lesquels firent constater la très grande importance, en épaisseur comme en superficie, des couches asphaltifères sur la rive droite, au-dessous du plateau des Mossets, en amont de La Presta.

Par suite de vicissitudes tenant autant à l'organisation administrative et financière, aux méthodes de fabrication qu'aux difficultés d'exploitation, l'industrie des asphaltes du Val-de-Travers n'a pu de longtemps prendre un essor considérable jusqu'au moment où l'on découvrit la possibilité d'utiliser la roche brute, simplement broyée et comprimée, pour la confection des pavés et macadams asphaltiques. Au-

jourd'hui, cette industrie est des plus prospères et assurée d'un avenir certain, grâce à la bonne composition de la roche et à la grande étendue du gisement. Ce dernier est en effet un des plus remarquables du monde.

*Géologie du gisement.* — Ainsi que le montre le profil géologique, planche III, la couche asphaltifère de l'Urgonien supérieur s'enfonce sous les terrains tertiaires du flanc S.E. de la vallée; elle en est séparée toutefois par une certaine épaisseur de calcaires marneux appartenant à l'Aptien (couche à *Pterocera pelagi* et *Orbitolina lenticularis*), de grès et d'argiles de l'Albien, formant la base du crétacique moyen. La partie supérieure de celui-ci, ainsi que la totalité du Crétacique supérieur, de même que l'Eocène et l'Oligocène inférieur font défaut. Pendant ce temps, cette région a été émergée et formait une terre ferme soumise à l'érosion atmosphérique. Le premier sédiment qui se place sur les terrains crétaciques est l'Aquitanien classé soit dans l'Oligocène supérieur soit à la base du Miocène. Il est formé surtout par des couches argileuses avec grès et calcaires d'eau douce dans le haut, sur lesquelles viennent se placer les marnes et grès du Burdigalien.

La couche imprégnée d'asphalte est ici exclusivement l'Urgonien supérieur qui présente dans toute cette région une composition très favorable à cet effet. Il est crayeux, à grain cependant assez grossier et de couleur blanc-jaunâtre, lorsqu'il n'y a pas d'asphalte. L'Urgonien inférieur, qui présente une assez grande épaisseur, est par contre privé de toute imprégnation, formé qu'il est de calcaires et de marno-calcaires jaunes nullement imprégnables et en grande épaisseur.

La couche d'Urgonien supérieur imprégnable atteint une dizaine de mètres d'épaisseur, mais l'imprégnation n'est pas distribuée également dans toute l'épaisseur. En général c'est la partie supérieure qui est la plus complètement imbibée, avec une moyenne qui n'est guère inférieure à 10 %. On exploite dans la règle toute roche qui contient plus de 7 % de bitume. Celle qui en contient moins, nommée crappe, forme au-dessus de la couche dite du « bon banc » une croûte que l'on abandonne comme toit. Le calcaire y est aussi bien plus grossier et moins susceptible de s'imprégner régulièrement. Elle forme en réalité le passage à l'Aptien, car on y trouve de très grands *Pterocera Pelagi* et des moules de *Cardium* de grandes dimensions. Dans certaines parties de la région d'imprégnation, il y a une couche d'imprégna-

tion concentrée à la base de l'Urgonien supérieur, localement même les deux zones d'imprégnation se superposent, séparées par un plancher de « crappe ». On cherche autant que possible à limiter la hauteur des souterrains à 4 m. et d'avoir de la crappe comme plafond et comme plancher, parce que la pierre fortement imprégnée n'est pas solide. Cette même circonstance nécessite aussi d'appliquer le système d'exploitation du « dépilage »[1].

Le centre de la région d'imprégnation se trouve presque exactement au S.E. de La Presta. Dès cette région vers le N.E. et vers le S.E. l'imprégnation tend à diminuer; dans cette dernière direction, elle passe dans la couche inférieure. Il n'est pas possible de dire, d'après l'état actuel de l'exploitation, si dans la direction de la montagne, soit à l'approche du pli-faille, l'imprégnation se réduit. Les exploitations se sont surtout développées parallèlement à la vallée. Elles se sont avancées à environ 500 m. vers l'intérieur et sur plus de 1200 m. dans le sens de la longueur. L'avancement vers le S.E. est difficile parce que les couches vont en descendant, ce qui nécessite l'épuisement d'environ 4000 litres d'eau par minute. On constate en outre que le plongement vers le S.E. qui est au début de 35° à 40°, s'arrête à une certaine profondeur, et fait place à un plongement inverse (bassin dit central), après quoi le plongement S.E. reprend, d'abord fortement et ensuite plus faiblement. C'est cette région qui forme le grand bassin. Mais la profondeur au-dessous du niveau de la vallée a pour effet d'y concentrer une très grande quantité d'eau, au fur et à mesure qu'on s'enfonce davantage. On voit donc que le gisement présente une importante ondulation et peut-être en s'enfonçant encore plus du côté de la montagne, d'autres irrégularités tectoniques impossibles à prévoir se présenteront encore. Ce seront probablement des ondulations comme celle qui sépare les deux bassins, ou des failles disposant la couche d'asphalte en gradins successifs.

*L'imprégnation* est dans la partie principale et centrale très uniforme et représente une teneur en asphalte de 10 à 16 %. Elle n'est pas influencée par les contournements de la couche; elle n'est pas plus forte au sommet de l'anticlinal central que dans le fond des deux bassins. Il serait intéres-

[1] L'exploitation se fait par des galeries de traçage de 3 m. de largeur dirigées à angle droit à 30 m. de distance d'axe à axe. Les piliers intermédiaires ayant 27 m. sont ensuite entourés de maçonnerie de trois côtés, puis exploités et le vide comblé de remblais, et ce dernier fermé aussi du quatrième côté. Ceci afin d'empêcher les affaissements des plafonds.

sant pour la genèse de ce gisement de savoir dans quelle mesure la richesse de l'imprégnation se modifie dans la direction du S.E., à l'approche de la grande faille de chevauchement. Les chantiers les plus enfoncés sont encore à 700 m. environ de cet accident et cette distance se trouve en grande partie au-dessous de la zone de chevauchement. La progression des travaux souterrains, et éventuellement des sondages, pourront nous fournir des renseignements sur ce problème.

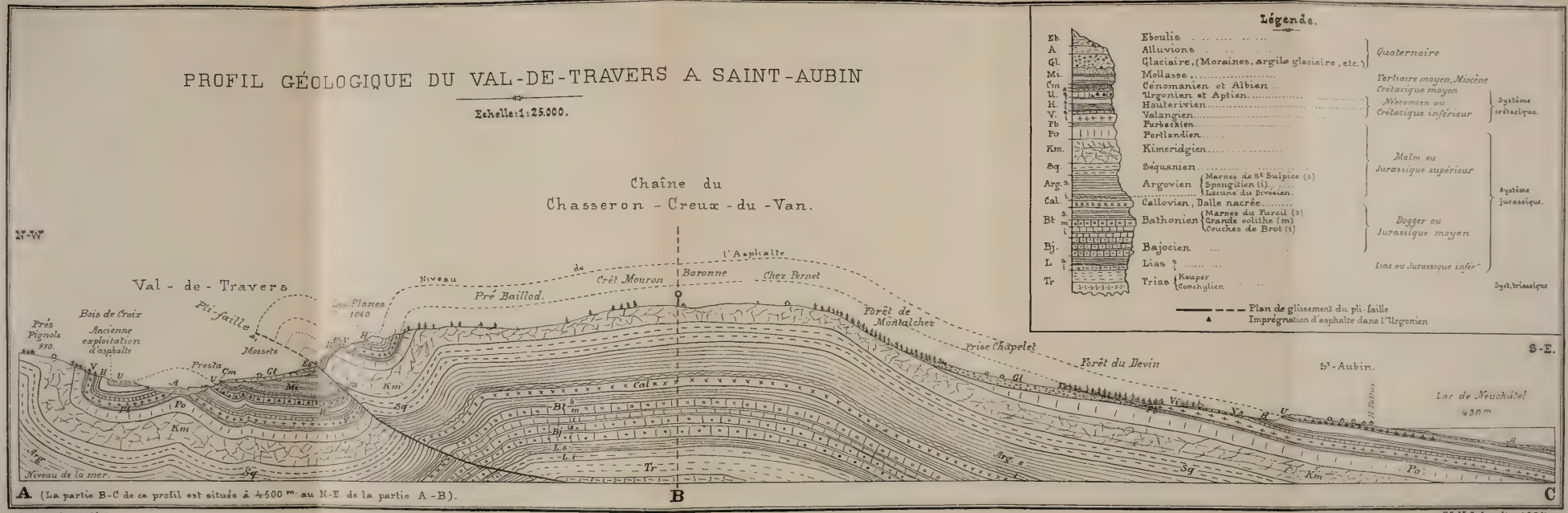
Dans le sens parallèle à la vallée, l'imprégnation doit nécessairement s'affaiblir graduellement dans la direction du N.E., puisque déjà au Crêt-à-Blanc, près du pont de l'Areuse, on a exploité le calcaire urgonien sous forme d'une pierre parfaitement blanche et privée de toute imprégnation asphaltique. Au-dessous des Lacherelles, Chez-Montandon, la carrière Molini a été ouverte dans un banc également privé d'asphalte. C'est comme au Crêt-à-Blanc, la partie supérieure du calcaire à *Requienia* correspondant au banc supérieur d'asphalte. Il est recouvert d'environ 1 m. de crappe, calcaire fracturé avec grands *Ptérocères* et moules de *Cardium*, offrant une très faible imprégnation. Cependant, au-dessus du Vanel, sur le chemin des Œillons, on constate encore un affleurement de calcaire urgonien poreux avec imprégnation d'asphalte. On n'y a pas fait de recherches jusqu'ici.

Les affleurements d'Urgonien sont malheureusement rares, parce que ce n'est que le bord de l'assise qui vient au jour, et ce bord est le plus souvent recouvert par des glissements détachés des couches argileuses de l'Albien et surtout du Tertiaire qui la surmonte. Cela est particulièrement le cas au S.W. de La Presta, dans la direction de Couvet. Le seul indice que nous possédons sur la continuité de la couche asphaltifère dans cette direction est le fait que la tranchée du chemin de fer régional a entamé l'Urgonien asphaltifère. Mais il est impossible de savoir dans quel état d'imprégnation se trouve la région intermédiaire entre ce point et les exploitations actuelles, ni comment se comporte la teneur en asphalte au S.W. de Couvet, jusqu'à Buttes, où, dit-on, la première découverte de l'asphalte aurait été faite. Il est réservé à des explorations au moyen de sondages d'établir l'extension du champ d'imprégnation, dans l'intérêt même de l'industrie que cette matière alimente. Il n'est pas moins vrai que si l'imprégnation paraît se continuer sur une plus grande distance dans la direction du S.W., elle est forcément liée à la continuité de la couche urgonienne imprégnable. Comme sur toute la longueur entre Couvet et Buttes l'Urgo-

Dr H. Schardt, 1907.

# PROFIL GÉOLOGIQUE DU VAL-DE-TRAVERS A SAINT-AUBIN

Echelle: 1:25.000.



nien n'affleure nulle part, il est impossible de savoir si la roche est imprégnable et si dans ce cas l'imprégnation existe réellement. Le seul fait de la découverte, il y a presque quatre siècles, de la fameuse « terre de poix » dans un jardin de Buttes, ne justifie aucunement l'hypothèse de la continuité de l'imprégnation sur toute cette longueur de près de 8 km. Il est certain d'ailleurs que si la roche asphaltifère existe au S.W. de Couvet, elle se trouverait sur la plus grande longueur au-dessous du niveau de la vallée et la constatation de sa présence ne pourrait se faire que par des sondages.

A partir de Buttes, vers le S.W., le synclinal du Val-de-Travers s'élève et devient le plateau de La Côte-aux-Fées. Mais la couche urgonienne manque totalement, par suite d'érosion, et avec elle naturellement aussi l'asphalte. Dans le vallon synclinal de Noirvaux, continuation de la partie S.E. du Val-de-Travers, soit précisément celle qui recèle le gisement d'asphalte, on n'a jusqu'ici pas trouvé trace d'asphalte. D'ailleurs dans la partie entre Buttes et Noirvaux-Dessous, ce synclinal est réduit à l'état d'un simple épaulement, bien que toujours accompagné de marnes et de grès tertiaires, donc semble-t-il aussi d'Urgonien. Toutefois ce dernier pourrait bien manquer, puisque, près de Noirvaux-Dessous, on voit le contact du Tertiaire et du Portlandien. L'émersion crétacique supérieure et tertiaire ancienne a ici probablement fait disparaître une partie du Néocomien avant la sédimentation de l'Aquitanien. Plus au S.W., dans le bassin de l'*Auberson*, où l'Urgonien en grande épaisseur existe au-dessous des couches de la Molasse d'eau douce et marine, il est composé de calcaires compacts non imprégnables, donc sans asphalte. On ne connaît pas non plus d'asphalte dans des fissures de ce terrain. On m'a signalé, par contre, des remplissages d'asphalte visqueux dans des fissures de l'Urgonien de la région du lac de Saint-Point.

## IV. Gisements d'asphalte dans d'autres parties du Jura.

En dehors du Val-de-Travers, on ne connaît pas de gisements asphaltifères dans la direction du N.E., où d'ailleurs l'Urgonien poreux fait le plus souvent défaut; il n'en est pas de même dans la région qui prolonge le Jura vers le S.W. Là, nous trouvons un premier gisement dans la *Vallée de la Valserine,* à Forrens près Chezery, dans des conditions quasi identiques à celles du Val-de-Travers. Des couches urgo-

niennes formées de calcaires poreux imprégnés de bitume s'enfoncent dans la direction d'un important pli-faille qui fait se superposer les terrains jurassiques sur le Tertiaire remplissant un synclinal. La seule différence réside dans le plus fort plongement des couches et dans la moindre extension de la partie poreuse imprégnable du calcaire, donc de l'imprégnation elle-même. Le gisement en question a été exploité activement, il y a une vingtaine d'années, par la société de Seyssel, mais il est abandonné aujourd'hui. Plus importants sont les gisements qui occupent le *bassin de Bellegarde* au N. de Seyssel, près de *Pyrimont,* gisements qui sont exploités encore actuellement très activement par la dite société.

Ils présentent, vis-à-vis de ceux du Val-de-Travers, plusieurs différences. Tout d'abord l'étage Urgonien supérieur y est beaucoup plus épais et offre des alternances de calcaires poreux et compacts. Il y a conséquemment plusieurs couches asphaltiphères qu'on exploite en autant d'étages. Il y en a jusqu'à huit, répartis sur environ 50 m. de hauteur. Le Tertiaire repose directement sur l'Urgonien et les couches les plus inférieures du Tertiaire sont également imprégnées par places. Le gisement a été exploité sur les deux rives du Rhône, soit à *Pyrimont* (rive droite), soit à *Challonge* (rive gauche). C'est de ce côté que se trouve aujourd'hui l'exploitation la plus active. On y voit entre autres une discordance, par laquelle les couches du Tertiaire viennent butter contre les bancs de l'Urgonien. Il est également manifeste par le caractère même des terrains de la base de la série tertiaire (poudingues aquitaniens surmontés de sable et de marnes bariolées) que ces terrains se sont déposés sur une surface déjà ravinée (érosion supra-crétacique et éocénique), tout comme au Val-de-Travers, avec la différence qu'ici l'Aptien et l'Albien n'ont pas été enlevés, tandis qu'ils manquent près de Pyrimont. Mais il y a plus: le poudingue aquitanien descend jusqu'à 40 m. au-dessous du niveau de la rivière et occupe manifestement un ancien canyon ou gorge d'érosion creusée antérieurement au dépôt du Tertiaire. Ce gisement a fourni en outre une donnée importante sur l'âge de l'imprégnation du bitume dans l'Urgonien. Parmi les galets qui composent le poudingue aquitanien, il en est qui proviennent de l'Urgonien asphaltifère, tandis que le ciment n'est pas imprégné: donc l'imprégnation est antérieure à l'époque aquitanienne, antérieure sans doute aussi à l'époque éocénique qui était une phase continentale pour cette région. On retrouve par contre de l'imprégnation naphtique ou asphaltique dans les sables

aquitaniens qui viennent butter contre l'Urgonien ou sont superposés à celui-ci, en dehors de la zone des poudingues. Cette dernière imprégnation résulte apparemment d'un emprunt fait à l'imprégnation urgonienne ! C'est donc une imprégnation « tertiaire », si, comme nous le pensons, celui de l'Urgonien est « secondaire ». Nous y reviendrons en discutant l'époque de la formation des gisements d'asphalte du Jura. Il en est peut-être de même de l'asphalte qui imprègne des sables aquitaniens dans le vallon synclinal de la Mantière, près de Bôge, entre Bellegarde et Chésery, par rapport à l'Urgonien asphaltifère de Forrens, car le calcaire urgonien qui est au-dessous de cette molasse de la Mantière n'est pas imprégné, étant de nature compacte.

Dans la *partie méridionale du bassin de Bellegarde,* près de la terminaison du chaînon de la Balme de Silingy, prolongement lointain de l'anticlinal du Salève, de part et d'autre des gorges que s'est taillées le Fier dans ce bombement urgonien, ce terrain renferme plusieurs niveaux asphaltifères formant des zones d'imprégnation superposées, tout comme à Pyrimont-Challonge. Mais l'imprégnation n'est pas aussi concentrée que dans ce dernier gisement, lequel reste à son tour en arrière sur celui du Val-de-Travers. La teneur en asphalte y est de 3 à 5 % en moyenne, bien que certaines places soient à tel point riches que l'asphalte suinte à l'extérieur. Attaqués déjà au commencement du XIX^me^ siècle, presque en même temps que ceux de Seyssel, ces gisements des gorges du Fier ont été abandonnés pendant longtemps. Mais depuis une dizaine d'années, la faculté de pouvoir utiliser des roches pauvres en leur ajoutant, après broyage, du bitume pur importé, a fait reprendre les exploitations sur toute la ligne, soit du côté de *Lovagny* (rive droite), soit du côté de *Chavanod* (rive gauche) ; quatre entreprises y travaillent actuellement.

Ces gisements sont les plus méridionaux connus dans la région du Jura et ils montrent que c'est toujours dans l'Urgonien que se trouve cantonnée l'imprégnation asphaltique, sauf les gisements aquitaniens de la Mantière et de Pyrimont-Challonge, qu'on peut considérer comme dérivés de gisements urgoniens sous-jacents ou voisins.

A ce titre, je ne puis passer sous silence la présence d'imprégnation de naphte dans des sables tertiaires aquitaniens ou burdigaliens, aux environs de *Dardagny* (canton de Genève) et près de *Chavornay* et *Orbe* (Vaud). Dans la première région, des couches de sable aquitaniens sont si fortement imbibées d'huile minérale que celle-ci suinte littéralement à la surface

ou s'accumule en été sur des flaques d'eau le long du ruisseau du Roulavaz, dont le lit est entaillé dans ces couches. Un gisement aussi riche en apparence ne pouvait pas passer inaperçu. Aussi, des tentatives d'exploitation ont eu lieu à plusieurs reprises, mais sans succès, vu l'inégalité de l'imprégnation. Dans la Molasse aquitanienne vaudoise, la situation est encore plus défavorable, car il ne s'agit que de simples taches imprégnées qui se trouvent disséminées, par-ci par-là, dans quelque banc de grès à la base de la formation aquitanienne. On se demande involontairement si ces gisements ne sont pas aussi dérivés d'une imprégnation existant dans l'Urgonien sous-jacent, ainsi qu'il m'a paru être le cas de l'imprégnation des grès aquitaniens de Pyrimont-Challonge. Le calcaire urgonien n'étant pas à découvert dans le voisinage immédiat, il n'est pas possible de formuler des conclusions. Il y a lieu toutefois de relever que le long du pied du Jura voisin, où l'Urgonien est un calcaire compact, ce dernier contient de l'asphalte dans des fissures. Sur le flanc S.E. du *Mont-Mussy,* près Divonne, il y a, au sommet de l'Urgonien, une couche de calcaire poreux offrant une faible imprégnation d'asphalte. Ces indices sont-ils suffisants pour rattacher le naphte de l'Aquitanien à une seconde émigration de celui contenu dans l'Urgonien? Et s'il en est vraiment ainsi, cette émigration s'est-elle accomplie de bas en haut à travers les couches assez épaisses qui séparent les dits gisements de l'Urgonien; ou bien cette immigration s'est-elle faite latéralement, par infiltration horizontale d'un affleurement urgonien aujourd'hui en bonne partie enlevé par l'érosion? C'est au pied du Jura qu'il faudrait chercher le contact, dans cette dernière alternative, puisque l'asphalte y existe dans des crevasses du calcaire urgonien. Pour Chavornay-Orbe, la chose est encore plus simple, les affleurements urgoniens qui existent réellement à une faible distance dans le voisinage, offrent également des crevasses contenant *de l'asphalte* (Valleyres-sous-Rances, Mormont).

Cette revue de la situation géologique, stratigraphique et lithologique des gisements d'asphalte du Jura nous montre cette matière concentrée dans un calcaire poreux d'âge urgonien; les gisements tertiaires paraissent pouvoir être rattachés à ces derniers par émigration à l'époque où l'asphalte était encore à l'état de naphte. Pour rechercher la provenance de cette substance qui n'est pas davantage née dans le calcaire urgonien, ainsi qu'il a été dit plus haut, nous n'aurions donc qu'à rechercher dans quel laboratoire de la nature a pu prendre

naissance le naphte primitif et comment, de ce lieu d'élaboration, il a pu parvenir dans ces calcaires poreux de l'Urgonien et ensuite dans les grès tertiaires. A propos de ces derniers, il faut relever que contrairement à ce que pensait Jaccard, lorsqu'il préconisait des sondages dans les environs d'Orbe, il n'y a aucune analogie avec les gisements d'Alsace (Pechelbronn) qui se trouvent dans des couches tertiaires appartenant à tout un autre fasciès, bien que peut-être d'un âge rapprochant de celles du pied du Jura. Les grès à naphte d'Orbe et de Dardagny sont des formations d'eau douce de faible profondeur dans lesquelles l'élaboration primaire du naphte est impossible. Il n'est d'autre part pas certain non plus que les gisements de Pechelbronn et de Lobsann, qui sont également des formations d'eau douce, soient des gisements primaires; mais il y a une différence essentielle, c'est la proximité des grandes failles qui délimitent près de Pechelbronn et Lobsann le bord du massif des Vosges. Elles mettent en contact les couches tertiaires avec des terrains bien plus anciens, notamment les couches salifères du Trias.

A ce titre, et avant d'examiner la provenance de l'asphalte du Jura, je dois mentionner encore un fait bien connu, mais qui n'a pas été jugé peut-être jusqu'ici à sa juste importance: c'est la présence dans le Jura de bitume dans des fissures traversant des terrains plus anciens que l'Urgonien.

J'ai constaté, il y a longtemps déjà, la présence de bitume dans des fissures du calcaire hauterivien au *Mont de Chamblon*, exploité dans plusieurs carrières à l'extrémité N. de cette colline, à proximité d'Yverdon. Dans les carrières de pierre à ciment du Bathonien (couches du Furcil) exploitées près de *Noiraigue*, Jaccard cite des filons de bitume occupant des fissures traversant la dite roche. J'en ai vu moi-même et la collection de l'Université de Neuchâtel en renferme des échantillons provenant de la collection Jaccard. Mais la localité la plus remarquable est celle des *Epoisats*, au-dessus de *Vallorbe*, au pied de la Dent de Vaulion. Une grande crevasse traversant des marnes et des calcaires du Bathonien est remplie d'une brèche formée par un agglomérat de débris de ces roches, réunis par du bitume plus ou moins consistant. Il est difficile de s'expliquer la provenance de ce bitume dans une telle situation qui rappelle bien les remplissages d'asphalte dans des crevasses de l'Urgonien, dont il a été fait mention. La seule chose certaine est *que cette matière ne peut en aucun cas provenir de la roche ambiante* qui n'en contient trace, mais qu'elle doit avoir pénétré dans ces fissures, venant soit d'en

haut, soit d'en bas. Le gisement des Epoisats occupe une véritable faille, très large et certainement très profonde. Il a donné lieu jadis à une tentative d'exploitation. On voit encore la tranchée qui a été creusée dans ce but.

### V. Origine de l'asphalte du Jura.

Cette question n'est pas limitée à l'asphalte du Jura seul, mais bien à celle de l'origine des matières asphaltiques et du naphte qui en est le point de départ, en général. Ce qui est vrai pour une région s'applique forcément aussi à d'autres, peut-être pas exclusivement, mais en tout cas bien souvent. Cette restriction est nécessaire, parce que la formation du naphte n'a encore guère été observée directement dans la nature; puis, réduits que nous sommes à expliquer sa formation par des conjectures, d'ailleurs sérieusement appuyées par de nombreuses observations, les explications ont suivi des voies assez divergentes, autant quant à la genèse de l'huile minérale elle-même, qu'au sujet de ses migrations. J'exposerai ci-dessous les résultats auxquels on est arrivé actuellement dans l'élucidation de cette question, tout en déclarant que la vraie solution ne ressortira pas nécessairement de l'approfondissement exclusif de l'une ou de l'autre des théories et de son application à tous les cas qui peuvent se présenter, parce que j'admets, *a priori,* que le naphte peut naître de différentes manières dans le laboratoire de la nature. Un examen serré et approfondi de chaque gisement permettra de déterminer à quelle origine il faut attribuer chacun d'eux, pour autant que cette solution est matériellement possible.

La majorité des auteurs qui se sont occupés de cette question ont opiné en faveur de *l'origine organique* de la plupart, sinon de tous les gisements de bitume ou de naphte. Cette idée devait même s'imposer pour ainsi dire, puisque les gisements exploités se trouvent presque tous dans des sédiments, tant marins que limnaux, lesquels se sont formés au milieu d'une vie organique souvent très intense. Mais depuis qu'il a été constaté que de très nombreux de ces gisements et parmi eux de très importants, sont dus à des immigrations de naphte par imbibition, après un transport peut être fort lointain, la possibilité de l'apport de ces substances de l'intérieur même de la terre, à travers des fissures, a de nouveau été sérieusement prise en considération et a gagné de nombreux partisans. Cette théorie a tout récemment trouvé un

fort appui par les constatations de M. le Dr A. Brun, de la présence d'hydrocarbures dans les laves vitreuses, alors que les roches volcaniques cristallisées n'en contiennent pas.

Au point de vue de l'origine génétique du naphte, nous pouvons donc admettre :

1. *Origine intratellurique*, appelée souvent à tort volcanique, ce qui pourrait faire penser que les éruptions volcaniques sont accompagnées d'émission de pétrole ou des gaz qui accompagnent celui-ci. Il s'agit en réalité d'hydrocarbures qui se trouvent dissous dans les magmas intratelluriques, soit qu'ils y ont existé de tout temps, soit qu'ils ont été élaborés par des réactions diverses que je ne puis détailler ici, mais dont la possibilité a été démontrée expérimentalement[1]. Humboldt admettait déjà, en 1804, que « le pétrole est un produit de la distillation qui a lieu à une immense profondeur et qu'il provient des roches primitives, sous lesquelles gisent les forces de toute action volcanique ».

Cette hypothèse expliquerait parfaitement la présence de substances bitumineuses dans les filons de roches éruptives, porphyres, pégmatites, etc., ainsi que dans des gneiss primitifs. La présence de graphite dans nombre de roches cristallines primitives ou volcaniques est un autre fait qui doit être mis en relation avec la présence d'hydrocarbure dans le magma intratellurique. Enfin, le rôle joué par des émanations hydrocarburées et d'autres combinaisons gazeuses dans l'élaboration des minerais filoniens qui se sont produits sous l'action d'agents réducteurs, devient un vrai trait de lumière pour la compréhension de la « phase pneumatolitique » qui a dû accompagner la cristallisation des roches batholitiques, depuis que nous savons, par les expériences de Brun[2], que ces éléments gazeux que contient le magma fondu ou vitreux, doivent s'échapper au cours de la cristallisation. Le bitume de la Trinité s'échappe du fond d'un lac cratérien, c'est là un fait bien significatif.

Nous devons donc admettre pour une partie des naphtes et bitumes une origine intratellurique. Mais il n'est pas pos-

[1] P. de Wilde. « Sur l'origine du pétrole et de ses dérivés », *Archives Genève*, t. XXIII, p. 558, 1907.

[2] Les prémices des recherches du savant genevois ont paru sous forme de notes isolées dans les *Archives des sciences de Genève*, années 1902, 1904, 1908, 1909 et 1910, puis résumées dans la *Revue générale des sciences*, 30 janvier 1910. Elles seront développées dans un mémoire synthétique — « Recherches sur l'exhalaison volcanique » — en voie de publication. (Librairie Kündig, Genève.)

sible pour le moment d'en évaluer l'importance ou d'en déterminer la proportion. Si dans le voisinage de gîtes de naphte secondaires, il existe des cheminées d'éruption volcanique, on pourra toujours invoquer l'origine intratellurique, sans qu'il soit possible de formuler une opposition, à moins de pouvoir démontrer d'une manière positive que ces gîtes sont primaires, ce dont il sera question dans ce qui suit.

2. ***Origine organique et sédimentaire.*** — Cette origine peut être végétale ou animale.

*a)* Les gîtes de pétrole, dus à la décomposition de *matières végétales,* doivent être liés aux dépôts de combustibles minéraux et leur existence se dégage tout naturellement du fait que la matière végétale, en se transformant en lignite, houille ou anthracite, doit se débarrasser de combinaisons hydrocarburées gazeuses ou volatiles liquides. La présence constante de gaz grisou dans le voisinage des gîtes de charbon minéral en est une preuve. On attribue cette origine à certains gisements pétrolifères de la Pensylvanie, sinon à tous. Le pétrole végétal est donc toujours en gisement secondaire, et dérivé de gîtes de combustibles minéraux par émigration de ceux-ci au cours de leur formation ou plus tard.

*b)* L'*origine animale* doit être attribuée à la plupart des gîtes d'huile minérale et de bitume qui se trouvent en gisement primaire dans des formations marines et aussi d'eau douce. C'est le cas en particulier de la matière bitumineuse ou huileuse qui se trouve en imprégnation légère, de quelques fractions de pour cent seulement, dans un très grand nombre de formations sédimentaires et qui n'ont pas même l'aspect d'être bitumineux; mais la teneur en bitume se trahit par l'odeur fétide qu'elles dégagent au frottement ou au choc du marteau, soit aussi lorsqu'on les chauffe. Quelquefois la quantité de naphte est assez forte pour produire une couleur foncée passablement prononcée, sans que pourtant l'huile minérale parvient à suinter naturellement.

Ces sédiments, tant marins que d'eau douce, reçoivent leur teneur en bitume de la décomposition des animaux (en partie certainement aussi des plantes) qui ont vécu dans leur milieu de sédimentation. Les schistes à naphte, les marnes et schistes liasiques, les calcaires fétides (au choc) de tout âge en sont les meilleurs exemples. Pour ce qui concerne les calcaires limnaux, dont la fétidité est un des caractères frappants et presque constants, il faut voir dans le « plancton »

animal et végétal, qui se sédimente constamment avec le précipité calcaire, la source de cette teneur en bitume. Je mentionne à cette occasion que le sédiment crayeux qui se dépose sur le fond du lac de Neuchâtel, et qui contient 70 à 85 % de carbonate de chaux, noircit fortement lorsqu'on le chauffe, en répandant une odeur caractéristique et devient parfaitement blanc après calcination. Les calcaires d'eau douce fétides de l'Aquitanien et de l'Oeningien, qui sont des craies lacustres durcies, ont la même propriété.

Si d'après ce qui précède nous pouvons expliquer d'une manière plausible les *faibles quantités* de bitume des sédiments en question, en admettant que la matière organique, au lieu de se détruire par putréfaction, s'est transformée en bitume, grâce à son inclusion en fine division dans un limon peu perméable et à l'abri de l'action de l'oxygène, il ne peut être question d'expliquer de cette manière les formidables accumulations d'huile minérale qui constituent les gisements pétrolifères de Bakou, de la Roumanie, de la Galicie, etc., ni la formation de l'asphalte du Jura dont la genèse nous intéresse tout spécialement. Ici, il faut faire intervenir des conditions spéciales, abstraction faite de la faculté de « migration » que le naphte possède à un si haut degré. La destruction subite d'une faune, même la plus abondante, ne suffirait pas à fournir la millième partie de la matière organique nécessaire à constituer un de ces gîtes des plus modestes. Or, les gîtes de naphte sont dans bien des régions d'une richesse inappréciable, si bien qu'on peut affirmer qu'ils dépassent de beaucoup l'importance des gisements de houille, et que lorsque ceux-ci seront épuisés, il restera encore l'huile minérale pour chauffer les machines à vapeur et les appartements. Il faut que l'influence qui a donné naissance à de telles accumulations, ait agi uniformément et continuellement pendant un temps très long, dans des conditions telles que la matière organique n'ait pas pu se détruire par putréfaction au fur et à mesure de son dépôt. Les gisements secondaires comme ceux du Jura sont impropres à fournir la clef de l'énigme, on pourrait tout aussi bien leur attribuer une origine intratellurique, en prenant à notre secours le voisinage de failles.

Innombrables sont les publications qui ont trait à l'origine des bitumes, huiles minérales, etc. Le plus important est sans doute le grand traité du professeur H. Höfer[1], dans lequel

[1] H. Höfer. « Die Geologie, Gewinnung und Transport des Erzöls », Leipzig, 1909.

sont décrits les gisements connus du monde entier. L'auteur discute ensuite les hypothèses expliquant l'origine de ces matières en se montrant favorable à l'origine organogène. Ce problème a fait un progrès considérable ensuite des travaux de Potonié[1] qui fait dériver le naphte du « sapropel » — soit d'un précipité de matière organique, sous forme de vase ou émulsion essentiellement organique.

Ce sont les gisements roumains qui sont actuellement parmi les mieux connus, et nous devons à M. Mrazec[2] et à ses collaborateurs des données extrêmement importantes sur ce problème, si bien que la question peut être aujourd'hui posée d'une manière nette et, semble-t-il, définitive. Le récent congrès du pétrole, tenu en Roumanie en 1907, a été l'occasion de publications importantes sur ces gisements, d'autres ont suivi. Il ne m'est pas possible, dans cette courte note, de les énumérer tous. Il en résulte que le pétrole roumain, pour ne parler que de cette région, est certainement d'origine organique, donc sédimentaire. Ses gisements sont répartis sur un grand nombre de terrains, allant du Crétacique supérieur jusqu'au Pliocène supérieur. Ils sont pour la plupart des gisements secondaires, à l'exception d'un seul niveau qui est celui de la « roche mère », soit celle au sein de laquelle s'est élaborée à l'époque de sa formation ou peu après, l'huile minérale. Ce terrain est la *formation salifère* qui va du sommet de l'Oligocène jusqu'au sommet du Tortonien (âge de la Molasse suisse). Cette formation s'est accomplie dans des lagunes d'eau sursalée et il est dès lors facile de comprendre comment d'innombrables organismes, parmi lesquels le « plancton » ne représentait pas le moindre volume, pouvaient arriver sans interruption dans la zone sursalée du fond, soit dans un milieu qui tue les organismes et dans lequel la putréfaction est impossible. Peut-être qu'en même temps la présence de certains sels alcalins produisant une émulsion des matières grasses, pouvait précipiter celles-ci, pendant que la matière organique dissoute dans l'eau pouvait être précipitée de même par les matières argileuses et limoneuses qui ont, comme on sait, la tendance à produire cet effet. De cette manière pouvait se former sur le fond de ces lagunes soit une *vase organique* bituminisable, le sapropel, ou un véritable *précipité organique plus ou moins saponifié,* qui pouvait, vu l'absence de l'air et vu

[1] H. Potonié. *Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolite überhaupt.* Berlin, Gebr. Borntträger 1910 (Vme édition).

[2] M. Mrazec. « L'industrie du pétrole en Roumanie ». « Les gisements de pétrole », Bucarest, 1910.

son état d'association ou de combinaison, se transformer en naphte, au lieu de se détruire par putréfaction (oxydation). La continuité de ce phénomène assure à l'accumulation d'huile minérale un accroissement, dont la limite n'est donnée que par la fin de la phase continentale lagunaire de la région.

Cette hypothèse est confirmée par la constatation de la présence presque constante d'hydrocarbures gazeux dans le sel gemme et par le voisinage invariable de gîtes de pétrole et de gisement de sel gemme, les premiers formant comme une auréole autour de ces derniers, tandis que les couches renfermant le sel, soit les roches mères du pétrole, en sont aujourd'hui presque dépourvues. Ceci est attribuable au fait que déposé en accumulation au fond de l'eau, sous forme d'une vase naphtique ou asphaltique, cette matière ne pouvait guère se comporter comme les autres sédiments, mais elle devait s'écouler dès la dessication et l'émersion du fond des lagunes et surtout au cours des dislocations, dont l'effort devait agir sur ces formations semifluides comme un immense pressoir. *La migration est conséquemment presque une nécessité pour le naphte*, jusqu'au moment où il rencontre un terrain imprégnable, qui l'absorbe à tel point que la résistance du terrain poreux lui-même ne permet plus guère, ni à la pression, ni à l'action de l'eau souterraine, de l'en déloger. La migration doit s'arrêter également lorsque, par évaporation des parties volatiles et par oxydation, le naphte est devenu lui-même visqueux ou presque solide. C'est le cas pour l'asphalte et le bitume solide. Enfin, l'enfoncement graduel des sédiments au cours de leur superposition, ou de recouvrements par dislocation, peut amener les couches dans un niveau à température souterraine suffisamment élevée pour que la fusion du bitume déjà consolidé en soit la conséquence et provoque sa migration.

L'application de ce qui précède à nos gisements du Jura ne doit pas, de prime abord, paraître bien difficile. Toutefois, nos observations précédemment relatées, nous ont conduit à voir dans ceux-ci des gisements secondaires ou même tertiaires, c'est-à-dire que le naphte, forme primordiale du bitume, a pris naissance dans un autre terrain et a immigré dans l'Urgonien et de celui-ci dans la Molasse. On sait que le naphte du Hanovre, celui de Pechelbronn et de Lobsann en Alsace peuvent être reliés sans difficulté au terrain salifère du Trias moyen (argile salifère du Conchylien) qui contient des traces de bitume un peu partout, tandis que le grès bigarré sous-jacent n'en contient pas. La provenance intra-

tellurique est conséquemment exclue, bien que la profondeur jusqu'à laquelle vont certainement les grandes failles qui délimitent la vallée du Rhin et la présence du volcan tertiaire du Kaiserstuhl, sont des faits très séduisants en faveur de cette dernière supposition.

Si nous cherchions à appliquer une telle hypothèse aux gisements du Jura, le Val-de-Travers nous offre le grand pli-faille de son flanc S.E. comme point d'attache très explicite (voir profil, pl. III). La fissure de ce chevauchement descend certainement jusqu'au Trias, au moins dans la région à rejet maximum, région qui coïncide d'ailleurs presque exactement avec la zone à plus forte imprégnation, entre Travers et Couvet. C'est là un fait que nous devons prendre en considération, bien que j'aurais été plus enclin à adopter d'emblée une autre solution, paraissant plus en accord avec les conditions des autres gisements asphaltifères du Jura. L'impartialité qui doit présider à l'élucidation de tout problème scientifique m'oblige de faire cet examen.

On peut admettre, sans risque d'erreur, que la dislocation du Jura est due à une poussée tectonique venue des Alpes. Tout le plateau suisse a dû se déplacer vers le N.W. en glissant avec tout le complexe de couches qui le composent, sur les marnes plastiques du Trias, soit de l'argile salifère, du Keuper et des marnes du Lias supérieur. Si donc l'argile salifère sous-jacente à cette région, Plateau et Jura, contenait des amas de naphte, cette matière était dans les meilleures conditions pour être déplacée sous l'énorme pression disloquante, et forcée d'ascendre sous les anticlinaux, notamment sous celui de la chaîne du Creux-du-Van-Chasseron, où la pression devait être minimum, puis le long de la surface de glissement du plifaille, jusqu'à la rencontre du calcaire poreux de l'Urgonien qui devait l'absorber avec avidité. Cette explication semble attestée d'une manière frappante par la présence de fissures remplies de bitume dans le Bathonien du Furcil qui forme le centre du deuxième anticlinal du Jura; le gisement des Epoisats mentionné plus haut, sur un anticlinal également chevauché n'est pas moins explicite, en faveur de l'ascension de la profondeur. Cette hypothèse est encore applicable aux gisements de la vallée de la Valserine, vallée qui est également compliquée d'un chevauchement analogue à celui du Val-de-Travers. Par contre, l'origine des gisements du bord du lac de Neuchâtel (Saint-Aubin), de ceux des environs d'Orbe, du pied du Jura entre Gex et le Fort de l'Ecluse, ceux de la vallée de Saint-Point, le naphte de la

Molasse de Dardagny, ainsi que les gisements d'asphalte de Seyssel et des Gorges du Fier ne sauraient s'adapter à cette explication, à moins d'admettre sur chacun de ces emplacements des fissures profondes allant jusqu'au terrain salifère du Trias, ou bien d'attribuer au naphte un pouvoir migrateur tel, pour que nous puissions rattacher les gisements de Saint-Aubin, etc., à ceux du Val-de-Travers et ceux du Pays de Gex à la faille de la Valserine, de même aussi les gisements de Seyssel. Quant à l'asphalte des Gorges du Fier, le voisinage de la faille du Vuache qui sépare la montagne de la Balme de la colline de Lovagny, pourrait être invoquée dans ce but.

Je reconnais, toutefois, qu'il faut beaucoup de bonne volonté pour admettre ces dernières conjectures. C'est supposer de la part de la matière inerte bien de la complaisance que de lui demander, soit un si grand nombre de fissures, soit un pouvoir imprégnant assez puissant pour projeter des éclaboussures de naphte du Val-de-Travers jusqu'au bord du lac de Neuchâtel ou de la vallée de la Valserine jusqu'au Pays de Gex.

C'est pourquoi je n'ose pas conclure d'une manière définitive dans ce sens, et je donne ci-dessous l'explication que je m'étais faite, il y a déjà quelques années; son application est la même à tous les gisements en question.

Si la roche mère du naphte qui a produit l'imprégnation d'asphalte des gisements urgoniens du Jura n'est pas le terrain salifère du Trias, alors il ne reste qu'une seule alternative qui est de chercher son origine dans les terrains qui sont *superposés* à l'Urgonien, car aucun des étages de terrains sédimentaires qui séparent le Trias de l'Urgonien ne saurait avoir joué ce rôle. Il en est de même de tous les terrains tertiaires de la région; aucun ne saurait être considéré comme ayant joué le rôle de roche-mère du naphte. Nous sommes donc d'emblée conduits à la *formation albienne,* car l'Aptien ne peut pas être pris en considération. Mais l'étage albien présente des caractères sédimentaires tellement spéciaux que la genèse sapropélique d'huile minérale pourrait bien avoir été la conséquence de sa formation. L'Albien est en tout cas un terrain transgressif qui repose chez nous, soit sur l'Aptien, l'Urgonien supérieur ou même l'Urgonien inférieur. Sa sédimentation a été précédée d'émersions locales et dans bien des cas on constate même des traces indéniables de corrosion superficielle à la surface de l'Urgonien; alors l'Aptien a été entièrement déblayé et l'Albien est venu se déposer sur un ancien lapié,

une surface carsique. Si nous considérons encore que l'Albien est formé soit de sédiments sableux glauconitiques, contenant d'innombrables fossiles à l'état de moules phosphatés, soit aussi d'argiles plastiques renfermant des fossiles pyriteux, on doit admettre au moins pour les sables à fossiles et nodules phosphatés des conditions spéciales peut-être favorables à la formation de naphte. D'ailleurs les moules des fossiles sont souvent imprégnés de cette substance qui ne peut, dans ce cas, provenir de l'extérieur. C'est donc bien du naphte primaire. Les dimensions, en général très petites, des fossiles et leur nombre prodigieux dans une masse sédimentaire faible montre que la plupart de ces animaux n'ont pas atteint leur entière croissance et qu'ils ont succombé à l'état jeune, donc accidentellement. Je rappelle à cette occasion les accumulations formidables de moules et de concrétions phosphatés des environs de Bellegarde, dont l'exploitation a alimenté pendant quelque temps trois fabriques d'engrais chimique phosphaté. Les bassins de sédimentation de l'Albien contenaient-ils des fonds à forte salure dans lesquels ces organismes succombaient, ou bien y avait-il des émanations morbides (acide carbonique ou hydrogène sulfuré?) qui produisaient cet effet, tout en interceptant le contact de l'air? On ne saurait trancher encore cette question; mais on ne peut y opposer d'objections non plus. La bituminisation de ces hécatombes d'organismes divers, y compris encore le « plancton », pourrait bien expliquer la provenance de l'asphalte contenu dans l'Urgonien du voisinage, par la formation à l'époque albienne d'un sapropel abondant.

Les faits suivants parlent encore en faveur de cette alternative :

1. A la Presta, près Travers, les sables de l'Albien inférieur sont fortement imprégnés d'asphalte, ainsi que les parties supérieures de l'Aptien.

2. L'Albien a existé certainement dans toute la région du pied du Jura de Cressier jusqu'à la cluse du Rhône et probablement plus loin; donc dans toute cette zone où se rencontre l'asphalte en imprégnation plus ou moins sporadique dans l'Urgonien poreux, ou en filons dans le calcaire urgonien compact, ou encore dans la pierre jaune hauterivienne (Chamblon, proche d' un lambeau d'Albien aujourd'hui disparu).

3. Les gisements d'asphalte dans l'Urgonien de la vallée de la Valserine jusque dans le bassin de Bellegarde sont jalonnés par des affleurements d'Albien extrêment fossilifère. A Pyri-

mont-Challonge, l'Albien a certainement existé, mais il a été enlevé pendant la phase d'émersion éocénique; c'est le long d'un ravin, creusé dans l'Urgonien imprégné d'asphalte, que cette substance a pénétré dans l'Aquitanien. Cette même hypothèse de l'ancienne présence de l'Albien peut aussi s'appliquer aux gisements des Gorges du Fier.

4. La migration du naphte s'étant faite du haut en bas, la forme *synclinale* du terrain récepteur était la plus favorable, ce qui correspond également à la situation de tous ces gisements.

Si donc les conditions spéciales de la genèse du naphte pendant la sédimentation de l'Albien nous sont encore obscures, et que le doute doit persister à ce sujet, il nous faut convenir cependant que c'est la seule époque pendant laquelle les conditions nécessaires pour produire cette matière auraient pu être réalisées, quelque soit l'emplacement des gisements considérés. Ou bien les uns de ces gisements asphaltifères ont-ils leur roche mère dans la profondeur (Trias), soit ceux du Val-de-Travers et de la vallée de la Valserine, tandis que les autres dériveraient de l'Albien. Ce serait le cas de tous les gisements du bord S.E. du Jura et du bassin de Bellegarde, ainsi que des gisements tertiaires dans l'Aquitanien. Mais cette double solution, partageant les gisements en deux catégories d'origine différente, se heurte à ce fait que c'est toujours dans l'Urgonien et très rarement dans un terrain inférieur que l'on trouve les imprégnations et remplissages de bitume, qu'ils appartiennent à la première ou à la seconde catégorie; les filons de bitume dans le Bathonien (Furcil et Epoisats) sont des faits isolés qui ne peuvent être mis en relation directe avec les gisements asphaltifères de l'Urgonien du Val-de-Travers, lors même que leur relation avec le Trias peut être invoquée comme très probable. On ne connaît pas de filons de ce genre ni dans le Malm, ni dans le Néocomien inférieur. C'est là l'objection la plus sérieuse — quoique nullement définitive — qui peut être faite à l'hypothèse de l'ascension de la profondeur.

Il me semble donc en définitive que ce serait illogique de répartir ainsi ces gisements en deux catégories, suivant leur roche mère d'ailleurs supposée, alors que les conditions des uns et des autres sont aussi uniformément les mêmes, et j'en arrive à la conclusion que la provenance de l'asphalte doit être pour tous la même, qu'il faut conséquemment faire le choix entre les deux hypothèses également admissibles et

également séduisantes, au moins pour quelques-uns des principaux gisements.

Tout considéré, je dois reconnaître que pour le moment ce choix me paraît devoir être favorable à l'origine albienne qui répond mieux aux conditions générales de tous ces gisements, bien que le mode d'élaboration du naphte pendant la sédimentation de ce terrain soit encore à démontrer.

La découverte de naphte le long du plan de glissement du pli-faille du Val-de-Travers serait par contre un argument très sérieux en faveur de l'ascension de cette substance des gisements primaires triasiques. Déjà la présence des crevasses à asphalte dans le Bathonien du Furcil, proche d'un plan de chevauchement qui a atteint certainement le niveau du Trias, est un indice très sérieux. On aurait alors à trouver une solution pour les gisements du flanc extérieur du Jura et pour ceux du bassin de Bellegarde. Il est réservé à l'avenir de trouver la solution définitive de ce problème.

## XLVII

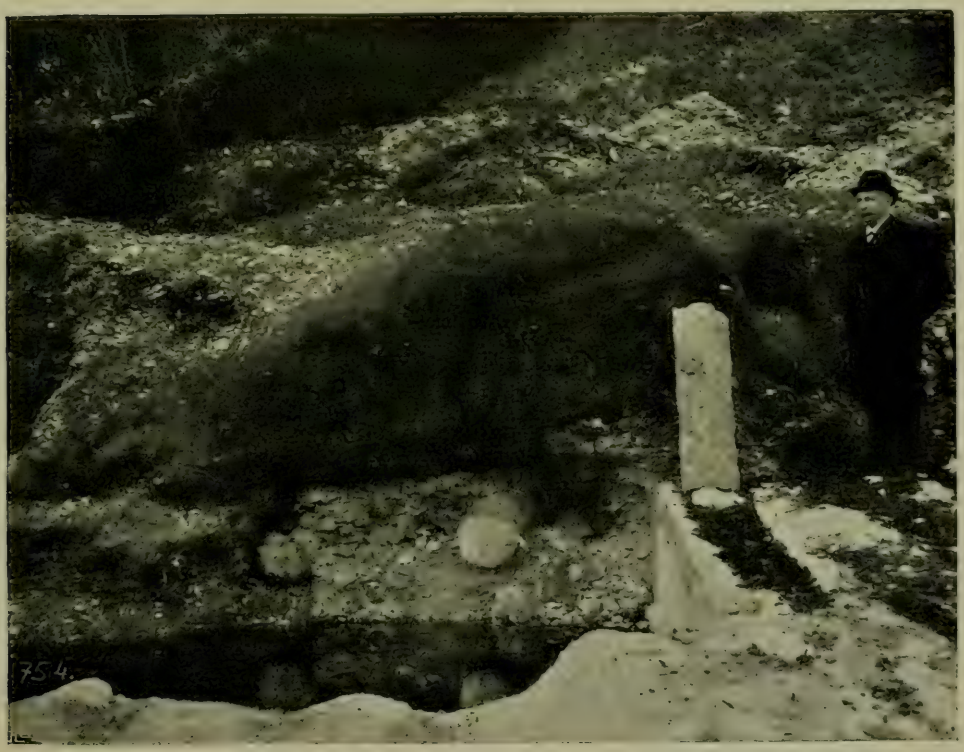
### Sur une carrière romaine à La Lance près de Vaumarcus.

(avec une planche et un cliché)

Pendant l'année 1909, on a fait sur un coteau situé au-dessus de la voie ferrée, entre Concise et Vaumarcus, des travaux de découverte, en vue de mettre à nu le rocher calcaire, dont on se propose de faire l'exploitation comme pierre de taille. Cet emplacement était réputé déjà depuis assez longtemps comme ayant été un lieu d'exploitation de pierre de construction à l'époque romaine. Un tronçon de colonne ébauché gisant sur la grève, et que l'abaissement des eaux du lac de Neuchâtel a mis à découvert, avec d'autres qui ont été enlevés, avait donné raison à cette supposition. Il a d'ailleurs paru une étude sur ce sujet de la part de feu l'ingénieur Michel.

Il paraît que les blocs de cette carrière, qui avait réellement une grande importance, ont été transportés de divers côtés et fort loin dans les établissements romains, même jusqu'en Valais. On suppose qu'il y avait alors uue voie navigable mettant en communication le lac de Neuchâtel avec le Léman et qu'ainsi les matériaux de cette carrière peuvent avoir été transportés dans les cités romaines des bords de ce

Carrière romaine de la Lance. *Phot. H. Sch.*
Vue des tranchées et d'un massif dégagé.




Colonnes ébauchées abandonnées sous les déblais. *Phot. H. Sch.*

dernier lac et, en remontant le Rhône, dans les établissements valaisans. Il va sans dire que les stations directement accessibles dans la région du réseau des lacs subjurassiens ont dû être servies les premières.

La partie du coteau où l'on constate les traces d'anciennes exploitations reconnaissables par les amas de déblais et la surface du rocher entaillée, se trouve au lieu, nommé les Favarges sur la carte Siegfried, presque à égale distance entre Concise et Vaumarcus. C'est une étendue de terrain couvert de broussailles, ayant une largeur d'environ 150 m. et s'étendant dès la voie ferrée jusqu'à la route cantonale de Concise à Neuchâtel. Sa superficie mesure environ 15 000 m². C'est sans doute la présence des pierrailles qui a empêché de le mettre en culture.

Les récents travaux de découverte en vue d'une reprise de l'exploitation[1], ont permis de constater l'importance de cette ancienne carrière et de reconnaître qu'il s'agit bien d'une exploitation de l'époque romaine. On y a trouvé des coins en fer, ayant servi à soulever les massifs de pierre, isolés par des tranchées creusées à coups de pique. Un superbe champ d'extraction recouvert par plusieurs mètres de déblais, donc alors abandonné, a été mis au jour, avec ses tranchées parallèles dans le sens de la pente, s'entrecroisant avec d'autres creusées en travers, absolument telle que se pratique encore aujourd'hui l'extraction de la pierre jaune dans les carrières de pierre de taille de Hauterive et ailleurs. Un massif entièrement isolé et prêt à être débité, a été déterré sous cet amas de déblais. Il y avait, en outre, trois fûts de colonnes, en tout point semblables à celui gisant au bord du lac. Deux sont encore visibles au-dessous de l'amas de remblais (voir planche IV). Pourquoi les Romains avaient-ils remblayé cette partie de la carrière? On ne saurait répondre à cette question sans sortir du cadre scientifique de cette notice. Les deux photographies montrent dans une vue d'ensemble cet ancien chantier romain, avec le grand massif isolé, ainsi que des détails du remblaiement opéré, avec les trois tronçons de colonnes.

Lors de la construction du chemin de fer Yverdon-Neuchâtel, on avait ouvert une carrière d'une assez grande importance dans ces mêmes couches en les attaquant de front sur une hauteur d'environ 5 m. Ils appartiennent à l'Urgonien supérieur et sont ici nettement caractérisés par la présence

[1] Les travaux d'extraction ont commencé en effet depuis le printemps 1910.

en très grand nombre, dans la partie moyenne des couches attaquées, du fossile le plus caractéristique pour l'Urgonien supérieur, la *Requienia (Caprotina) Ammonia*. Il y en a parfois une telle quantité, que la roche prend l'aspect d'une lumachelle. La pâte elle-même de la roche est à grain fin parsemée de quelques points cristallins. Un banc inférieur qui ne contient pas de coquilles est d'un grain très uniforme et parcouru de petites veinules grises.

La couleur de la pierre est blanche, avec une très légère teinte jaunâtre. Les couches plongent régulièrement vers le lac de 10° environ et se continuent sur toute l'étendue entre la

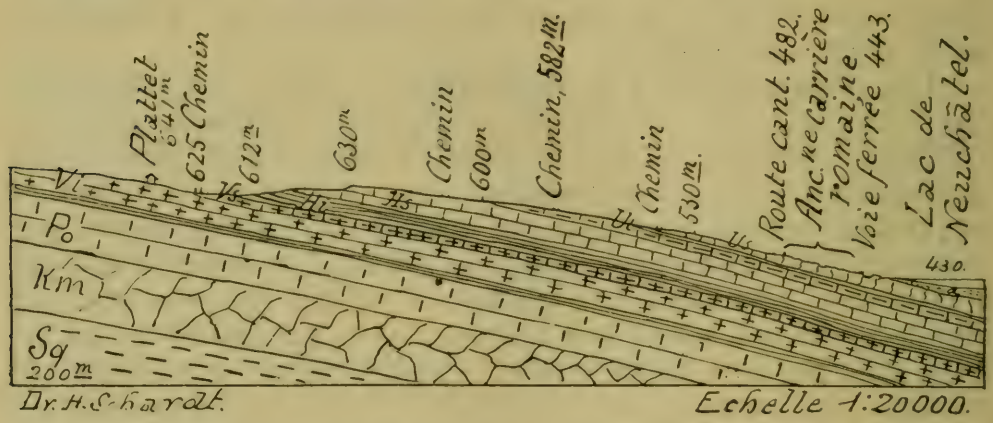



*Fig. 21.* Coupe géologique à travers le coteau entre le lac de Neuchâtel et le Plattet, montrant la situation de l'ancienne carrière romaine.

LÉGENDE :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *A.* | Alluvions lacustres. | *Vi.* | Valangien 'inférieur. |
| *Us.* | Urgonien supérieur. | *Pb.* | Purbeckien. |
| *Ui.* | Urgonien inférieur. | *Po.* | Portlandien. |
| *Hs.* | Hauterivien supérieur. | *Km.* | Kimeridgien. |
| *Hi.* | Hauterivien inférieur. | *Sq.* | Séquanien. |
| *Vs.* | Valangien supérieur. | | |

Lance et la Raisse en s'élevant même assez haut au-dessus de la route cantonale, dans le Bois de la Seyte. Du côté du lac, elles sont coupées en falaise. Le petit profil géologique, fig. 21, montre la situation de cette couche. Il est remarquable de constater que cette région qui a été littéralement fouillée par les carriers romains est presque le seul endroit du littoral du lac de Neuchâtel, où le calcaire urgonien supérieur se présente en couches assez épaisses et compactes pour servir de pierre de taille. Sur toute l'étendue entre la Lance et l'emplacement en question, où les affleurements sont presque ininterrompus le long de la tranchée du chemin de fer, ainsi que dans la direction de la Raisse, les couches sont

bien trop fissurées pour pouvoir en tirer des blocs taillables. Il n'y a que la carrière du chemin de fer qui est d'ailleurs directement contiguë à la région des chantiers romains, qui ait pu fournir d'assez beaux matériaux. La plupart des murs de soutènement de la voie ferrée et les « perrés » le long du lac, ont été faits avec la pierre sortie de cette carrière. En trouvant ainsi le seul point où le calcaire urgonien, ordinairement profondément crevassé, est de nature à pouvoir produire de la bonne pierre de taille, les architectes romains ont montré, une fois de plus, une clairvoyance ou du flair, comme on voudra, qui est certes remarquable. On ne trouve pas davantage de bonne pierre exploitable dans les couches urgoniennes qui se rencontrent sur le littoral du lac de Neuchâtel dans la région d'Auvernier. Il y a là bien deux carrières qui ont été ouvertes pour en extraire des enrochements; une autre existe en amont de Boudry et la pierre y est un peu meilleure, mais elle n'équivaut pas à celle de la Lance.

Je rappelle, pour terminer, que la dalle de sépulture romaine, trouvée au chemin de la Creuse à Saint-Blaise, au-dessous de 2 m. de terre tufière déposée par le ruisseau de la Goulette, et que j'avais reconnue pour être du calcaire urgonien (voir *Mél. géol.*, 7me fasc., XXXV, *Bull. Soc. neuch.*, t. XXXIV, p. 221) provient certainement de la carrière romaine de la Lance. J'avais conclu qu'elle devait être originaire du littoral du lac de Neuchâtel, sans oser définir exactement l'endroit; aujourd'hui, après avoir confronté les deux roches, je suis en mesure d'affirmer leur identité et de conclure qu'elle provient de la carrière romaine de la Lance, d'où elle doit avoir été transportée à Saint-Blaise par la voie du lac.

## Note ajoutée pendant l'impression.

Depuis l'achèvement de la notice qui précède, j'ai eu l'occasion de visiter l'abbaye de Saint-Maurice, ainsi que les collections d'antiquités qui s'y trouvent conservées et les fouilles sur l'emplacement des anciennes constructions romaines. M. le chanoine Bourbang, prieur de l'abbaye, a bien voulu me donner les explications les plus détaillées et me conduire de la manière la plus aimable. Qu'il reçoive ici l'expression de ma sincère gratitude.

J'ai constaté au cours de cette investigation que les huit dixièmes au moins de la pierre de taille employée par les

Romains pour leurs constructions de Saint-Maurice, proviennent certainement du Jura et appartiennent au calcaire blanc urgonien. Une confrontation avec les échantillons de la carrière de la Raisse démontre l'identité parfaite de la roche et conséquemment il ne subsiste aucun doute quant à la provenance de cette pierre blanche de Saint-Maurice.

Le fait le plus remarquable ne réside pas seulement dans l'abondance des matériaux amenés là par les Romains, mais surtout dans la dimension considérable des blocs. Il y en a qui mesurent bien plus d'un mètre cube, représentant donc un poids de 3 tonnes. Le transport par eau de matériaux de telles dimensions me paraît presque le seul possible, lorsqu'on se représente l'état plutôt précaire des routes de cette époque. On est en droit de se demander si les Romains n'auraient pas déjà établi le canal d'Entre-Roches[1], comme ils avaient commencé les travaux d'un passage de l'Aar dans le lac de Bienne près de Hagneck. Un de ces grands blocs fut scié à la marbrerie de Bex et les plaques permirent de confectionner douze plateaux de tables de 1m,10 de diamètre, dont une se trouve dans le salon de l'abbaye de Saint-Maurice. Sur la surface polie on reconnaît aisément les coupes caractéristiques des *Requiena,* qui abondent dans le calcaire de la Raisse. Le grain et l'aspect général de la Roche sont absolument typiques.

Le plus grand nombre des pièces de pierre taillée provenant de monuments romains qui se trouvent dans le péristyle et dans la cour de l'abbaye, sont en calcaire urgonien.

Je tiens à relever ici que c'est feu l'ingénieur Michel (Jules Michel, « Les pierres de taille employées à Saint-Maurice d'Agaune depuis les temps romains jusqu'à nos jours », *Mélanges d'histoire et d'archéologie de la Société helvétique de Saint-Maurice,* 1901) qui a été le premier à indiquer la carrière romaine de la Raisse comme lieu d'origine des nombreux blocs de calcaire blanc à Chama ou Caprotines (Requienia) des constructions romaines, sur lesquelles a été bâtie l'abbaye de Saint-Maurice.

Je voudrais cependant rectifier ici deux assertions de M. Michel, dont l'une est évidemment un lapsus. Le calcaire à Requienia, qu'il nomme calcaire à Chama, ne se trouve pas à la base du Néocomien, mais bien au sommet. Puis il

[1] Cette question est tranchée affirmativement par M. le Dr A. Næf, archéologue, qui insiste aussi sur le mauvais état des routes d'alors, en admettant l'existence du canal d'Entre-Roches. D'après les renseignements qu'a bien voulu me donner M. Næf, ce canal a été rétabli partiellement au moyen âge et utilisé encore au commencement du XIXme siècle.

dit, qu'à part une couche isolée existant au pied de la Dent de Morcles, on n'a nulle part trouvé le calcaire à Chama dans la vallée du Rhône. Ceci est inexact; car sur le calcaire néocomien, exploité près de Collombey sous le nom de marbre, se rencontre un massif de grande épaisseur de calcaire tout aussi pétri de *Chama (Requienia Ammonia)* que les couches de la carrière de la Raisse. Il affleure sur une grande étendue entre Collombey et Muraz. J'ai cependant hâte d'ajouter que les deux roches ne sauraient se confondre. La pierre de Collombey est d'une teinte gris cendre à gris foncé et présente une dûreté bien plus grande que celle de la Raisse. C'est peut-être le motif pour lequel les Romains n'en ont pas entrepris l'exploitation, pas plus que du beau marbre de Collombey qu'ils devaient certainement connaître. On invoquera aussi la préférence qu'avaient les Romains pour les pierres blanches et qu'ils évitaient par dessus tout les pierres sombres, fait qui ressort tout particulièrement de l'absence dans les ruines romaines de Saint-Maurice de la pierre noire de Saint-Triphon. Quoi qu'il en soit, M. Michel n'avait pas moins raison en affirmant que cette pierre blanche à Requienia doit provenir des rives du lac de Neuchâtel et qu'elle ne peut pas avoir son origine dans la vallée du Rhône.

Cette pierre blanche a été transportée même au delà de Martigny, sur la route du Grand Saint-Bernard. M. le chanoine Bourbang en a reconnu des colonnes qui ont été utilisées dans la construction du clocher de Liddes et peut-être en trouvera-t-on au Grand Saint-Bernard même.

A mentionner encore que par la même voie les Romains ont transporté de la région de la Molière ou du Vully du grès coquillier de la Molasse marine, dont ils ont taillé des sarcophages en monolithes. Il y en a une demi-douzaine dans la cour de l'abbaye de Saint-Maurice. M. Michel en fait déjà mention.

Il est intéressant d'ajouter que la carrière de La Sauge près de Saint-Aubin, qui est ouverte dans un calcaire crayeux blanc jaunâtre (Urgonien inférieur), a jadis été exploitée par les Romains, ainsi que m'en a fait part M. Maurice Borel, cartographe. On y a constaté les mêmes tranchées d'exploitation, comme dans celle de La Raisse, et découvert diverses monnaies romaines.

# EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

## Année 1909-1910

### SÉANCE DU 12 NOVEMBRE 1909

**Présidence de M. SCHARDT**

M. Jacot-Guillarmod, forestier à Saint-Blaise, est nommé membre de la Commission pour la protection des monuments naturels et préhistoriques.

M. Stroihl, chimiste à Serrières, annonce sa démission pour cause de santé.

M. Spinner présente quelques *Nouveautés pour la flore neuchâteloise,* et communique ses observations sur *La garide des Valangines.* (Voir p. 132.)

M. Fuhrmann parle de l'*Anémie des mineurs et des ouvriers des tunnels.* M. Béraneck complète la communication et ajoute quelques mots sur le *béri-béri.*

M. Schardt introduit son travail sur la *Géologie de la région entre le Lœtschberg et le Wildstrubel.*

### SÉANCE DU 3 DÉCEMBRE 1909

**Présidence de M. SCHARDT**

Il est annoncé la constitution définitive de la section de La Chaux-de-Fonds avec 20 membres, M. le Dr Bourquin comme président. La formation de telles sections devra être prévue dans nos statuts.

M. H. Schardt présente la fin de son étude sur la *Géologie de la région entre le Wildstrubel et le Lœtschberg.*

M. Konrad parle de la *Soudure des rails par le procédé aluminothermique.*

## SÉANCE DU 17 DÉCEMBRE 1909

**Présidence de M. SCHARDT**

MM. Hauswirt, candidat en géologie, de Berne, et Ch. Guyot, étudiant en chimie, à Neuchâtel, sont reçus membres actifs de la Société.

M. Ls Isely, fils, parle de *La photographie astronomique.*

M. Eug. Mayor communique le résultat de ses observations sur *Quelques familles de champignons du canton de Neuchâtel.* (Voir p. 3.)

M. Aug. Dubois présente une *Astérie fossile du Hauterivien de Saint-Blaise,* soit un superbe exemplaire de *Coulonia neocomiensis*, Lor.

---

## SÉANCE DU 7 JANVIER 1910

**Présidence de M. SCHARDT**

M. Isely, prof., parle sur les *Courbes de Riccati et la fonction anharmonique.* (Voir p. 203.)

M. LeGrandRoy communique ses observations sur *La variation du baromètre pendant le cyclone du commencement de décembre 1909.*

M. Schardt parle d'un *Affleurement de terrain molassique aquitanien* mis à découvert en 1909 *à la Poissine* près Grandson et La Lance. (Voir p. 379.)

---

## ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 21 JANVIER 1910

**Présidence de MM. SCHARDT et FUHRMANN**

### Partie administrative

M. Schardt donne lecture du *Rapport présidentiel sur la marche de la Société pendant l'année 1909.*

*Rapport du président*
*sur la marche de la Société pendant l'année 1909.*

Notre Société a parcouru une année plutôt calme et tout à fait normale. Depuis la dernière assemblée générale administrative du 5 février 1909, notre Société a tenu 12 séances et assemblées, dans lesquelles ont été présentées 33 communications. Celles-ci se répartissent

comme suit: botanique 6, chimie 1, géologie 9, météorologie et astronomie 4, mathématiques 4, physique et mécanique 4, zoologie 5. Il est à désirer que les membres qui se proposent de faire des communications les annoncent suffisamment à l'avance au secrétaire, afin qu'on puisse mieux les répartir. Plusieurs séances ont dû être supprimées faute de travaux.

Le Comité a, de son côté, tenu 6 séances.

Le nombre des membres a subi une légère augmentation. Nous avons eu la satisfaction de pouvoir enregistrer 15 admissions nouvelles, dont 8 lors de l'assemblée publique d'été. Par contre, 7 démissions sont venues éclaircir nos rangs, ainsi que 3 décès, ceux de MM. Alexandre Perrochet, William Wavre, à Neuchâtel, et L.-F. Jacot, à Colombier.

Divers événements survenus au cours de l'exercice écoulé sont assez importants pour qu'il soit utile de les rappeler brièvement dans ce rapport. Nous avons nommé, en février, une Commission chargée de recueillir dans le canton des souscriptions pour la publication des œuvres du mathématicien Léonard Euler. Il s'agissait soit de souscriptions à fonds perdu, afin de couvrir le déficit prévu dans le plan financier de l'entreprise, soit de souscription à la publication elle-même, prévue à 1000 francs environ. Cette dernière partie de sa mission est déjà brillamment résolue, puisque trois exemplaires ont été souscrits par les bibliothèques de La Chaux-de-Fonds, du Locle et de Neuchâtel. La Commission rendra compte elle-même de la marche de l'autre partie de sa mission.

Le Comité a procédé à une revision des statuts et a élaboré un règlement administratif; tous deux ont été adoptés par l'assemblée générale extraordinaire du 14 mai 1909.

La réunion d'été a donné à nos collègues de La Chaux-de-Fonds l'idée pleinement justifiée de former une section, afin de pouvoir tenir des séances, sans que pour cela leurs attaches avec la Société cantonale soient modifiées en quoi que ce soit. Les travaux originaux présentés en séance de section seront publiés dans notre *Bulletin*, au même titre que ceux présentés à nos séances et assemblées. Afin de marquer l'attachement réciproque qui doit exister entre la Société cantonale et la nouvelle section, le Comité vous proposera de prévoir dans nos statuts la formation de sections et d'accorder à celles-ci un représentant dans le Comité.

Le Comité sortant de charge n'a pas pu accomplir entièrement la tâche qu'il s'était proposée. Il laissera au nouveau Comité le soin de régler définitivement la question de l'augmentation de l'indemnité qui nous est versée par la commune de Neuchâtel, en échange de l'abandon à la Bibliothèque de la ville de la totalité de nos échanges, qui représentent une valeur annuelle d'au moins 2 à 3000 francs, alors que nous ne recevons qu'une allocation de 250 francs.

L'inscription au registre du commerce, prévue dans nos statuts, n'a également pas encore été effectuée, ces derniers n'étant pas encore imprimés.

*Le président,* Dr H. Schardt.

M. Schardt lit ensuite le Rapport de la Commission cantonale pour la protection des monuments naturels et préhistoriques.

*Rapport de la Commission cantonale neuchâteloise pour la protection des monuments naturels et préhistoriques sur son activité en 1909.*

Notre Commission s'est réunie quatre fois en 1909. Elle a eu le regret de perdre M. W. Wavre, représentant de la Société d'histoire et d'archéologie; il n'a pas encore été remplacé. Nous avons eu aussi à enregistrer la démission de M. H. Bioley, remplacé par M. Jacot-Guillarmod, inspecteur forestier à Saint-Blaise.

Dès le début de l'année, notre Commission a pris les mesures nécessaires pour s'assurer le concours d'un certain nombre de *collaborateurs régionaux;* il a été rédigé dans ce but une circulaire envoyée à un certain nombre de personnalités, dont vingt-cinq ont bien voulu répondre à notre appel. Ces vingt-cinq collaborateurs sont répartis dans vingt localités de notre canton.

L'étude de la *protection de la flore* a occupé plusieurs séances et a donné lieu à d'intéressants débats, dont la conclusion a été d'adresser une demande au Conseil d'Etat pour l'élaboration d'un décret concernant la protection de la flore. Ce décret serait conçu en termes généraux, mais pourrait servir d'arme, cas échéant par des amendements successifs, destinés à protéger les espèces rares menacées de disparition par des abus de récolte.

La question des *réserves botaniques* est actuellement à l'étude; une sous-commission a été nommée pour examiner les emplacements proposés et voir les mesures à prendre pour conserver à l'état vierge quelques coins intéressants de notre pays, tels par exemple une partie du Creux-du-Van ou l'une des intéressantes petites tourbières de Pouillerel.

Le recensement des *blocs erratiques,* confié à une société de jeunes gens, n'est pas encore terminé: nous attendons le résultat de cette enquête pour reprendre à nouveau la question de l'inviolabilité d'un certain nombre de blocs particulièrement intéressants, toutefois la Commission s'est déjà préoccupée d'assurer la conservation de quelques-uns d'entre eux.

Neuchâtel, 20 janvier 1910.

M. Bauler, caissier, lit le Rapport de caisse. Ce rapport constate pour 1909 un excédent de dépenses de 549 fr. 22: l'avoir de la Société au 1er janvier 1910 était encore de 979 fr. 79.

M. Rivier lit le Rapport des vérificateurs de comptes, donnant pleine décharge au caissier.

La gestion du Comité pour l'exercice 1909 est approuvée. L'assemblée appuie en outre ses propositions d'insister auprès de l'Etat pour le rétablissement de l'ancienne allocation de 350 francs et surtout de chercher à obtenir de la commune de Neuchâtel une subvention en accord

avec la valeur des ouvrages que nous versons chaque année à la Bibliothèque de la ville, valeur qui n'est pas inférieure à 2000 francs.

Sur la proposition de M. de Perregaux, le Comité étudiera la question de la vente à la Bibliothèque de tout notre stock de *Mémoires* et *Bulletins*.

Le budget suivant est arrêté pour 1910.

Recettes:

| | |
|---|---|
| Cotisations annuelles et cotisations d'entrées . . . . | Fr. 1500.— |
| Allocation de la commune de Neuchâtel . . . . . | » 250.— |
| Vente de *Bulletins* et *Mémoires* . . . . . | » 130.— |
| Total . . . . | Fr. 1880.— |

Dépenses:

| | |
|---|---|
| Impression du *Bulletin* . . . . . | Fr. 1800.— |
| Expédition du *Bulletin* . . . . . | » 150.— |
| Frais de Bureau . . . . . | » 60.— |
| Ports payés à la Bibliothèque communale . . . . . | » 80.— |
| Traitements (rédacteur et archiviste) . . . . . | » 200.— |
| Impressions diverses (convocations, etc.) . . . . . | » 150.— |
| Dons, location, pourboires . . . . . | » 100.— |
| Total . . . . | Fr. 2540.— |

Déficit présumé: 660 francs.

Ensuite de la formation de la section de La Chaux-de-Fonds, l'article suivant est ajouté aux statuts:

Chap. III. — Art. 10: Les membres d'une région déterminée, trop éloignés pour assister aux séances régulières à Neuchâtel, peuvent se grouper en sections locales dont l'organisation doit être sanctionnée par une Assemblée générale.

Les présidents de sections font partie de droit du Comité cantonal.

M. le Dr Bourquin, présent à la séance, lit les statuts locaux de La Chaux-de-Fonds, qui sont approuvés.

Le Comité pour 1910-1912 est constitué comme suit:

| | |
|---|---|
| *Président:* | MM. Prof.-Dr Otto Fuhrmann. |
| *Vice-président:* | Dr-méd. Eug. Mayor. |
| *Caissier:* | Em. Bauler, pharmacien. |
| *Assesseur:* | P. Konrad, ingénieur. |
| | Prof.-Dr E. Jaquerod. |
| | Prof.-Dr Hans Schardt. |
| | Dr-méd. Eug. Bourquin. |

MM. Matthey-Doret, prof. à Neuchâtel, et Zintgraff, pharmacien à Saint-Blaise, sont désignés comme vérificateurs de comptes.

PARTIE SCIENTIFIQUE

M. SCHARDT fait une communication sur *Un éboulement préhistorique près de Chironico (Tessin).*

---

## SÉANCE DU 4 FÉVRIER 1910

**Présidence de M. FUHRMANN**

M. O. BILLETER communique ses recherches sur une *Expression rationnelle de la force des acides.*

M. H. SPINNER présente quelques-unes des *Plantes rapportées de l'Himalaya par M. le Dr Jacot-Guillarmod.*

M. LEGRANDROY parle sur la *Marche du baromètre pendant la dernière bourrasque* et sur *Les comètes de 1910.*

---

## SÉANCE DU 18 FÉVRIER 1910

**Présidence de M. FUHRMANN**

MM. Dr LEUBA, médecin à Corcelles, Dr HERMANN SCHMID, médecin à Neuchâtel, Dr ED. DESSOULAVY, chimiste à Lyon, et MAURICE PRINCE, à Neuchâtel, sont reçus au nombre des membres actifs.

M. ALF. BERTHOUD communique ses *Recherches sur l'impossibilité de chauffer un solide au-dessus de son point de fusion.* (Voir. p. 144.)

M. JAQUEROD parle sur *Le mouvement brownien et les théories cinétiques.*

---

## SÉANCE DU 4 MARS 1910

en commun avec la Société neuchâteloise de Géographie

La séance est remplacée par une conférence de M. Albert Brun, de Genève, sur les *Recherches modernes concernant le volcanisme.*

---

## SÉANCE DU 18 MARS 1910

**Présidence de M. FUHRMANN**

M. le Président annonce un don anoyme de 1000 francs, destiné à faciliter nos publications. Une lettre de remerciements sera envoyée au généreux mécène.

M. Otto Billeter communiqne le résultat provisoire de ses recherches sur *La titration du chlorure stanneux par oxydimétrie.*

M. Otto Fuhrmann parle sur *L'importance des insectes dans la propagation des maladies épidémiques.*

---

## SÉANCE DU 15 AVRIL 1910

**Présidence de M. FUHRMANN**

Il est annoncé le décès de notre membre honoraire Alexandre Agassiz, puis M. le Président exprime la reconnaissance de la Société à M. Zirngiebel, adjudant de l'état-major du corps des pompiers de la ville, et aux étudiants, grâce au sang-froid et au dévouement desquels le stock de nos publications a été sauvé lors de l'incendie de l'immeuble de Coulon.

M. M. Thiébaud résume ses observations sur *La faune microscopique des lacs de l'Oural.* Le matériel lui a été fourni par M. Kutchin, inspecteur des pêcheries des environs d'Iékaterinenbourg. A la suite de cette communication, les théories mécanistes d'Ostwald, défendues par M. Thiébaud, sont attaquées par MM. Jaquerod, Billeter, Schardt et Fuhrmann, qui leur opposent des concepts plus biologiques.

M. Sam. de Perrot communique le résultat des *Observations limnimétriques et météorologiques faites dans le canton en 1909.* M. de Perrot y ajoute quelques considérations sur la crue extraordinaire de nos lacs au commencement de 1910 et fait ressortir la moindre importance relative de la crue qui a désolé Paris à la même époque.

---

## SÉANCE DU 29 AVRIL 1910

**Présidence de M. FUHRMANN**

M. Schardt résume ses observations sur les *Tremblements de terre dans le canton de Neuchâtel pendant l'année 1909.*

M. Spinner parle des *Relations existant entre la floraison de la garide et les éléments météorologiques.* (Voir. p. 132.)

## SÉANCE DU 20 MAI 1910

**Présidence de M. FUHRMANN**

La réunion annuelle aura lieu le 11 juin prochain, à Travers. Nous profiterons de cette réunion pour compléter le nombre de nos membres correspondants et honoraires.

M. Schardt parle de *Quelques faits nouveaux concernant la géologie néocomienne*, soit :

1° *Un fragment de pyrolusite* trouvé dans la pierre jaune à Saint-Blaise. (Voir p. 383.)

2° *Un gisement anormal de Néocomien aux Fahys*. (Voir p. 386.)

3° *Un pli-faille et décrochement à Châtollion*. (Voir p. 390.)

M. Otto Fuhrmann présente l'atlas des poissons de l'Europe centrale du prof. Bruno Hofer.

---

## SÉANCE DU 3 JUIN 1910

**Présidence de M. FUHRMANN**

M. le Président donne lecture de l'ordre du jour de la prochaine assemblée annuelle.

M. H. Stroele parle de *La théorie de la compensation à mercure dans les pendules*. (Voir p. 209.)

M. Eug. LeGrandRoy fait la *Démonstration de deux télémètres*.

M. Ad. Jaquerod fait une communication avec démonstration sur la *Lampe au mercure et les radiations ultra-violettes*.

---

## RÉUNION PUBLIQUE ANNUELLE DU 11 JUIN 1910

à Travers

**Présidence de M. FUHRMANN**

Une quarantaine de membres se trouvent réunis à l'Hôtel de l'Ours pour goûter la collation gracieusement offerte par la commune de Travers, au nom de laquelle M. Grisel, président du Conseil général, nous salue.

A 9 h. 30 commence la séance publique dans la grande salle du Château, en présence d'environ cent cinquante personnes.

M. le Président l'inaugure par un travail sur *La température des profondeurs du lac de Neuchâtel.*

Il est ensuite procédé à la réception des membres honoraires suivants: MM. Brun, chimiste; R. Chodat, professeur de botanique à l'Université; Guye, professeur de physique à l'Université, tous trois à Genève; professeur Marc Dufour, oculiste à Lausanne; professeur M. Studer, de l'Université de Berne; Dr Sarrasin, explorateur à Bâle; professeur Lang, de l'Université de Zurich; professeur Twelvetrees d'Hobartown, géologue en chef de l'Etat de Tasmanie; puis des membres actifs suivants: MM. Vittoz, ingénieur communal; professeur Meckenstock, Hermann Russ, Aug. Dellenbach, architecte à Neuchâtel; Langel, chimiste à Bôle; Ginnel, professeur, et Dr Theile, médecin à La Chaux-de-Fonds.

M. Billeter expose les découvertes les plus récentes dans le domaine de la *Radioactivité.*

M. Spinner fait l'*Histoire de la flore du Val-de-Travers.*

M. Schardt résume les derniers travaux sur l'*Asphalte.* (Voir p. 398.)

A midi, la séance est levée pour le banquet officiel à l'Hôtel de l'Ours. M. Fuhrmann porte un toast à la commune de Travers, qui nous a si gracieusement reçus. M. Franel, président du Conseil communal, répond en formant les meilleurs vœux pour l'avenir de la Société.

Après le banquet, une fraction des participants se rend aux mines d'asphalte de la Presta, l'autre aux usines de la Val-de-Travers-Asphalt-Compagny. Tous furent très cordialement reçus, ce pourquoi nous remercions encore vivement les directions des deux établissements.

## SÉANCE DU 1er JUILLET 1910

**Présidence de M. BAULER**

M. Konrad présente un *Nouvel appareil de commande automatique des aiguilles de voies.* (Voir p. 147.)

M. Schardt parle du *Tremblement de terre du 26 mai 1910* et d'*Une carrière romaine près de La Lance.* (Voir p. 424.)

M. Billeter communique le résultat de ses recherches en collaboration avec M. Burmann sur les *Guanylthiurées.* (Voir p. 171.)

# EXTRAIT DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

## DE LA SECTION DE LA CHAUX-DE-FONDS

---

### Année 1909-1910

---

## SÉANCE DE FONDATION DU 12 NOVEMBRE 1909

**Présidence de M. le Dr BOURQUIN-LINDT**

20 personnes sont présentes, 7 excusées.

M. le Dr Bourquin développe l'idée des initiateurs de fonder dans notre ville une section locale de la Société neuchâteloise des sciences naturelles, idée qui avait été émise lors de la réunion annuelle de la Société, à La Chaux-de-Fonds, en juin 1909.

Une section de La Chaux-de-Fonds n'est du reste pas un fait nouveau: Le 27 novembre 1843, sous l'impulsion de Célestin Nicolet, se fondait en notre ville une section locale qui, en 1846, comptait 58 membres et, en 1855, était assez vivace pour recevoir, en assises générales, la Société helvétique des sciences naturelles.

M. le Dr Bourquin rend aussi hommage au dévouement et au travail infatigable du deuxième pionnier des sciences naturelles à La Chaux-de-Fonds, M. le professeur Ed. Stebler, auquel ira la présidence d'honneur de notre section.

Au vote sur la question de principe, toutes les personnes présentes se déclarent d'accord de créer à La Chaux-de-Fonds une section locale de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

Puis, le Comité suivant est nommé en bloc:

| | |
|---|---|
| *Président:* | MM. Dr Eug. Bourquin-Lindt. |
| *Vice-président:* | Ed. Robert-Tissot. |
| *Caissier:* | Dr G. Roessinger. |
| *Secrétaire-rédacteur:* | Aug. Lalive, professeur. |
| *Secrétaire-correspondant:* | Ed. Stauffer. |

---

## SÉANCE DU 10 DÉCEMBRE 1909

**Présidence de M. le Dr BOURQUIN**

M. le professeur Dr H. Schardt, président de la Société neuchâteloise, apporte les vœux sincères de la dite Société pour la prospérité de notre section.

L'orateur parle ensuite de *La géologie du Wildstrubel et du Lötschberg* et explique la structure de ce massif à la lumière de la théorie actuelle des nappes de recouvrement.

La fin de la séance est remplie par la discussion d'un projet de règlement.

---

## SÉANCE DU 11 MARS 1910

**Présidence de M. le Dr BOURQUIN**

Le projet de règlement est adopté à l'unanimité.

M. le Dr Robert-Tissot présente une communication accompagnée de démonstrations sur la *Généalogie des cellules du sang:*

Colorons un frottis de sang par le Giemsa (mélange d'éosine, de bleu et d'azur de méthylène). Le microscope révélera la présence, dans la préparation: 1° de cellules rouges, sans noyau, à bi-concavité centrale. Ce sont les *érythrocites*, porteurs d'hémoglobine. Cette dernière est avide d'O. et des colorants acides. C'est à cause d'elle que la cellule a absorbé l'éosine seulement. Les érythrocytes proviennent des normoblastes, cellules de la moëlle rouge des os, à protoplasma chargé d'hémoglobine et à noyau très avide des colorants basiques. Ce noyau si basophile, arrondi, condensé est qualifié de pycnotique. Il est quelques fois expulsé de la cellule en bloc ou par fragments, formant les corps de Jolly-Howell. Le plus souvent, la chromatine de ce noyau est transformée par la cellule, et la charpente du noyau est seule expulsée en un seul petit amas (2 à 3 microns) qui passe dans le sang où il forme 2° une *plaquette* (= globulin). Les normoblastes proviennent des *mégaloblastes*, cellules grandes (15 à 20 microns) à noyau relativement petit, radié, peu basophile, à protoplasma et basophile et oxyphile, parce qu'il commence à se charger d'hémoglobine. Les *mégaloblastes* proviennent enfin d'une cellule à protoplasma non granuleux, à noyau peu basophiles, cellule que l'on rencontre normalement dans la moëlle rouge des os. C'est la *cellule-mère de la série rouge,* qui vient d'être décrite.

On trouve encore dans le sang circulaire: 3° des cellules à noyau polymorphe, basophile et à protoplasma très peu basophile; ce dernier renferme un grand nombre de très fines granulations absorbant et l'éosine et le bleu; ces granulations sont donc neutres. Les cellules qui les portent sont par conséquent appelées *polymorpho-nucléaires neutrophiles*. Ces cellules phagocytent les microbes, elles digèrent les albumines; leur nombre augmente dans les infections (de 5 à 8000 par mm³, elles peuvent monter à 20 000). Elles proviennent des *myélocytes*, cellules dont la présence dans la moëlle rouge est normale. Ces cellules ressemblent exactement à leurs filles, à cette différence près que leur noyau est rond ou en forme de fer à cheval. Les myélocytes proviennent de cellules agranuleuses exactement semblables aux cellules-mères de la série rouge.

Deux à quatre polymorphonucléaires sur cent ont un noyau moins délié que celui des neutrophiles. Les granulations de ces cellules sont plus grosses que les neutrophiles et ont une remarquable avidité pour l'éosine Elles apparaissent colorées en rouge vif dans le protoplasma cellulaire (démonstration). Ces cellules sont 4° les *polymorphonucléaires éosinophiles*. Leur nombre augmente dans l'asthme, les maladies de la peau et lorsqu'il existe des vers intestinaux. La généalogie de ces éosinophiles est la même que celles des neutrophiles, les granulations éosinophiles préexistent dans le myélocyte correspondant. Les polymorphonucléaires et leurs cellules ancestrales forment la *série blanche*.

On voit encore dans le sang 5° des lymphocytes, cellules arrondies, de 4 à 6 microns, à noyau remplissant presque toutes les cellules, basophile et à protoplasma très basophile, formant autour du noyau une couche très mince. Ces *petits lymphocytes* forment le quart du nombre total des cellules non hémoglobinofères (leucocytes). Ils proviennent des ganglions lymphatiques et de la rate, où ils naissent de cellules en tout semblables aux cellules-mères des séries rouge et blanche. Ces cellules sont les *grands lymphocytes*.

Les lymphocytes président au métabolisme des graisses. Leur lipase est reversible; elle forme des graisses quand le bilan nutritif de l'organisme est favorable; elle les détruit, ces graisses, pour les faire servir à la production d'énergie, quand l'organisme doit puiser dans sa caisse d'épargne. Ce rôle destructeur des graisses explique aussi pourquoi ce sont des lymphocytes, et non des polynucléaires, qui sont préposés par l'organisme à la destruction (plus ou moins réalisable) du bacille de la tuberculose. C'est parce que ce microbe est entouré d'une couche de graisse. Etonnante perspicacité de l'organisme!

Il faut rattacher aux lymphocytes 6° les *polymorphonucléaires basophiles* dont le protoplasma est farci de taches bleues formées par un corps soluble dans l'eau et dont le noyau a la forme d'un trèfle à quatre. Les cellules-mères de ces cellules résident dans la moëlle rouge des os.

Il existe encore dans le frottis: 7° des *grands mononucléaires*, circulant aussi dans le sang. Leur origine est très contestée. De là le nom de « bêtes noires de l'hématologie » que leur a donné Pappenheim. Ehrlich les considérait comme des formes de transition entre la cellule-mère et les polymorphonucléaires. Il appelait spécialement *cellules de transition* les mononucléaires à noyau néniforme.

Récemment, Patella de Sienne a démontré que ces cellules proviennent du revêtement endothélial des vaisseaux, qu'elles sont donc des cellules qui ont été emportées des berges du torrent circulatoire. Les grands mononucléaires ont ainsi la même origine embryologique que toutes les cellules du sang, toutes provenant des cellules des îlots sanguins et, par là, des cellules de Saxer. Toutes les cellules-mères des trois séries: rouge, blanche, lymphatique ont en somme une même origine, le second feuillet embryonnaire.

La connaissance exacte de la généalogie des cellules sanguines a une grande importance pratique: dans les anémies, la présence dans le sang circulant de cellules qui, normalement, ne se trouvent que dans la moëlle rouge, cette présence montre que la moëlle réagit, mais que

l'organisme lève sa réserve ou son landsturm, parce que l'élite ne suffit pas aux besoins actuels. Il y a donc péril en la demeure. L'absence de réaction dans l'anémie est de beaucoup plus mauvais augure, parce que la banqueroute finale est imminente, la réparation des pertes étant nulle.

Dans les infections, la présence de myélocytes est un indice que l'organisme est aux abois, qu'il ne dispose plus d'un nombre suffisant de cellules adultes pour lutter contre l'ennemi. Au contraire, un nombre respectable de cellules adultes indique que l'organisme réagit vigoureusement.

Dans les exsudats pleurétiques, par exemple, la présence de lymphocytes fait deviner à peu près à coup sûr la présence du bacille de la tuberculose.

Parfois, un irritant *x* provoque dans l'appareil formateur du sang la formation, en nombre exagéré, de cellules blanches. Ainsi sont constituées les *leucémies* qui sont au sang ce que le cancer est aux autres tissus.

## SÉANCE DU 27 MAI 1910

**Présidence de M. le Dr BOURQUIN**

MM. les Dr Robert-Tissot et Roessinger exposent la *Théorie de l'ultramicroscope* avec démonstration.

Une course géologique aux Crosettes aura lieu le dimanche 19 juin.

Société neuchâteloise des sciences naturelles

# RÈGLEMENT DE LA SECTION DE LA CHAUX-DE-FONDS

## I. But.

Article premier. — Les membres de la Société neuchâteloise des sciences naturelles domiciliés à La Chaux-de-Fonds et dans la région, désireux de se réunir pour se communiquer leurs observations, de susciter dans la localité le goût de l'étude des sciences physiques et naturelles et de contribuer au développement des collections publiques d'histoire naturelle, sont convenus de se constituer en «Section locale».

Art. 2. — Elle reconnaît comme règlement général les statuts et le règlement de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

## II. Membres.

Art. 3. — Les membres effectifs de la Société neuchâteloise des sciences naturelles ont le droit de faire partie de la Section locale.

Art. 4. — La Section peut admettre, comme *membres associés*, des personnes qui ne font pas partie de la Société cantonale. Leur admission se fait ensuite de la présentation de deux membres effectifs et à la majorité absolue des votants. Ils ont voix consultative dans les questions concernant la Société neuchâteloise tout entière et ne reçoivent pas le *Bulletin* de la Société cantonale.

## III. Administration.

Art. 5. — L'administration de la Section est confiée à un Bureau composé d'un président, d'un vice-président, d'un caissier et de deux secrétaires, dont l'un est plus spécialement attaché à la partie scientifique, l'autre à la correspondance, à la rédaction des procès-verbaux, etc.

Art. 6. — Le Bureau doit être renouvelé à la première séance de chaque année. Ses membres sont rééligibles.

## IV. Réunions.

Art. 7. — La Section se réunit sur convocation du Bureau, qui demeure juge, selon les circonstances, de fixer le nombre des séances: celles-ci doivent être au moins au nombre de quatre par année.

### V. Prestations.

Art. 8. — La Section perçoit de ses membres une cotisation qui ne doit dépasser, dans la règle, la somme de 3 francs par année.

### VI. Publications.

Art. 9. — L'organe de publication de la Section est le *Bulletin* de la Société neuchâteloise des sciences naturelles. Ce dernier publiera des procès-verbaux succints des séances de la Section, ainsi que les travaux originaux présentés par ses membres effectifs, conformément aux statuts et règlements de la Société.

### VII. Sanction et revision.

Art. 10. — Le présent règlement, ainsi que les revisions et modifications qui pourront être jugées utiles par la suite, seront soumis à la sanction de l'Assemblée générale de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

### VIII. Dissolution.

Art. 11. — La dissolution de la Section ne peut être prononcée qu'à la majorité des trois quarts des membres présents à la réunion convoquée dans ce but.

Art. 12. — En cas de dissolution, l'encaisse de la Section sera attribuée à une œuvre scientifique locale et les archives déposées à la Bibliothèque publique de La Chaux-de-Fonds.

# TABLE DES MATIÈRES

DES

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

## A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES


Pages

Nominations statutaires . . . . . 430, 434, 439
Admissions, démissions, décès . . . . 430, 431, 435, 436, 438
Constitution de la section de La Chaux-de-Fonds . . . . 430, 439
Rapports statutaires . . . . . 431, 433, 434
Adjonctions aux statuts . . . . . 434, 440
Réunion publique à Travers. . . . . 437
Divers . . . . . 436


## B. COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

### 1. Mathématiques


*L. Isely.* — Les courbes de Riccati et la fonction anharmonique. 431


### 2. Physique


*A. Berthoud.* — Sur l'impossibilité de chauffer un solide au-dessus de son point de fusion . . . . . 435
*A. Jaquerod.* — Le mouvement brownien et les théories cinétiques. . . . . 435
*E. LeGrandRoy.* — Démonstration de deux télémètres . . . 437
*A. Jaquerod.* — La lampe au mercure et les radiations ultraviolettes . . . . . 437
*H. Strœle.* — La théorie de la compensation à mercure dans les pendules . . . . . 437
*E. Robert-Tissot* et *G. Rœssinger.* — La théorie de l'ultramicroscope . . . . . 442


### 3. Chimie


*O. Billeter.* — L'expression rationnelle de la force des acides . 435
— Titration du chlorure stanneux par oxydimétrie . . . 436
— La radioactivité. . . . . 438
*J. Burmann.* — Les Guanylthiurées. . . . . 438


### 4. Géologie


*H. Schardt.* — La géologie de la région entre le Lœtschberg et le Wildstrubel . . . . . 430
*A. Dubois.* — *Coulonia neocomiensis*, Lor., du Hauterivien de Saint-Blaise . . . . . 431
*H. Schardt.* — Affleurement de molasse aquitanienne à la Poissine
— Un éboulement préhistorique près de Chironico . . . 435

Pages

*A. Brun.* — Recherches modernes concernant le volcanisme . 435
*H. Schardt.* — Les tremblements de terre dans le canton de Neuchâtel pendant l'année 1909 . . . . . 436
— Quelques faits nouveaux concernant la géologie néocomienne . . . . . 437
— L'asphalte . . . . . 438
— Le tremblement de terre du 26 mai 1910 . . . . . 438
— Une carrière romaine à La Lance . . . . . 438

5. Botanique

*H. Spinner.* — Nouveautés neuchâteloises. La garide des Valangines . . . . . 430
*Eug. Mayor.* — Quelques familles de champignons du canton de Neuchâtel . . . . . 431
*H. Spinner.* — Sur quelques plantes himalayennes . . . . 435
— La floraison de la garide et les moments climatiques . . 436
— L'histoire de la flore du Val-de-Travers. . . . . 438

6. Zoologie

*O. Fuhrmann.* — L'anémie des mineurs et des ouvriers des tunnels . . . . . 430
— Les insectes et les épidémies. . . . . 436
*M. Thiébaud.* — La faune microscopique des lacs de l'Oural . . 436
*O. Fuhrmann.* — L'atlas des poissons de l'Europe centrale de Bruno Hofer . . . . . 437

7. Médecine

*Ed. Robert-Tissot.* — La généalogie des cellules du sang . . 440

8. Météorologie et hydrologie

*Eug. LeGrandRoy.* — Variations du baromètre pendant le cyclone du commencement de décembre 1909 . . . . . 431
— Les comètes de 1910 . . . . . 435
*S. de Perrot.* — Observations limnimétriques et météorologiques faites dans le canton en 1909 . . . . . 436
*O. Fuhrmann.* — La température des profondeurs du lac de Neuchâtel . . . . . 438

9. Sciences appliquées

*P. Konrad.* — Soudure des rails par le procédé aluminothermique 430
*L. Isely fils.* — La photographie astronomique . . . . . 431
*P. Konrad.* — Un nouvel appareil de commande automatique des aiguilles de voie. . . . . 438

# TABLE DES MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

## DU TOME XXXVII


Pages

*Eug. Mayor.* — Contribution à l'étude des champignons du canton de Neuchâtel . . . . . 3

*H. Spinner.* — La garide des Valangines . . . . . 132

*A. Berthoud.* — Sur l'impossibilité de surchauffer un solide . 144

*P. Konrad.* — Un nouvel appareil de commande automatique des aiguilles de voie . . . . . 147

*H. Schardt.* — Sur des cristallisations de calcite dans les eaux souterraines . . . . . 158

*J. Burmann.* — Etude sur les Guanylthiurées hexasubstituées . 171

*L. Isely.* — Les propriétés homographiques de l'équation de Riccati . . . . . 203

*H. Strœle.* — Théorie de la compensation à mercure dans les pendules d'horloges astronomiques . . . . . 209

*H. Schardt.* — Mélanges géologiques sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes. Huitième fascicule. . . . . 310

XXXVI. Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906 310

XXXVII. Note sur la géologie du Plan de l'Eau et la stratigraphie du Dogger dans les gorges de l'Areuse . 331

XXXVIII. Dents de Polyptychodon du Hauterivien supérieur 351

XXXIX. Note sur un éboulement survenu près de La Neuveville, en février 1909 . . . . . 355

XL. Découverte d'un chevauchement sur le flanc de la chaîne du Lac près de La Neuveville . . . . 358

XLI. Le cours souterrain de la Ronde (La Ch.-de-Fonds) 364

XLII. Sur une coupe de la Molasse aquitanienne à la Poissine près d'Onnens . . . . . 379

XLIII. Sur la découverte d'un rognon manganésifère dans le Hauterivien supérieur . . . . . 383

XLIV. Découverte d'une nouvelle poche hauterivienne dans le Valangien aux Fahys sur Neuchâtel . . 386

XLV. Un décrochement transversal au chaînon de Châtollion . . . . . 390

XLVI. Note sur les gisements asphaltifères du Jura neuchâtelois . . . . . 398

XLVII. Sur une carrière romaine à La Lance près de Vaumarcus . . . . . 424

Extraits des procès-verbaux des séances . . . . . 430

Extraits des procès-verbaux de la section de La Chaux-de-Fonds 439

Règlement de la section de La Chaux-de-Fonds . . . . . 443

Table des matières des procès-verbaux des séances . . . . . 445

Annexe au rapport du directeur de l'Observatoire cantonal de Neuchâtel : Observations météorologiques faites en 1909. *L. Arndt.*

RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHATEL

# ANNEXE

AU

# RAPPORT DU DIRECTEUR

DE

# L'OBSERVATOIRE CANTONAL DE NEUCHATEL

POUR L'ANNÉE 1909

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES

EN 1909

NEUCHATEL
IMPRIMERIE WOLFRATH & SPERLÉ

1910

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES

# A L'OBSERVATOIRE CANTONAL DE NEUCHATEL

PUBLIÉES PAR LE

Dr L. ARNDT, directeur de l'Observatoire

Les pages suivantes contiennent les observations météorologiques faites à l'Observatoire de Neuchâtel pendant l'année 1909, ainsi que leurs résumés.

La Direction du Bureau météorologique central, à Zurich, a bien voulu mettre à notre disposition les résumés des observations météorologiques faites à Chaumont, Cernier, La Chaux-de-Fonds et La Brévine, ainsi que les résultats des observations pluviométriques de 14 stations réparties sur le territoire de notre canton.

Les observations se font à 7 h. du matin, à 1 h. et à 9 h. du soir, temps moyen de l'Observatoire. Les indications d'heures sur les pages « Remarques » sont aussi faites en temps moyen qui retarde de $32^m\ 10^s$ sur l'heure de l'Europe centrale.

Les corrections pour réduire la pression atmosphérique observée à la pesanteur normale ne sont pas appliquées dans les tableaux.

## Température

Les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures sont consignées dans le tableau suivant. Elles ont été calculées d'après la combinaison $^1/_4$ (7 h. + 1 h. + 2 × 9 h.).

## TEMPÉRATURE MOYENNE

| | Neuchâtel | Chaumont | Cernier | La Chaux-de-Fonds | La Brévine |
|---|---|---|---|---|---|
| ALTITUDE | 488 m. | 1127 m. | 800 m. | 986 m. | 1077 m. |
| **1909** | ° | ° | ° | ° | ° |
| Janvier . . . . . | - 2.2 | - 3.4 | - 4.6 | - 4.9 | - 6.5 |
| Février . . . . . | - 1.4 | - 5.6 | - 3.6 | - 5.4 | - 6.2 |
| Mars. . . . . | 1.9 | - 2.0 | - 0.2 | - 0.7 | - 1.9 |
| Avril . . . . . | 10.1 | 6.3 | 8.1 | 6.1 | 5.0 |
| Mai . . . . . | 13.1 | 8.4 | 10.7 | 9.1 | 8.0 |
| Juin . . . . . | 14.5 | 9.6 | 12.3 | 11.4 | 9.9 |
| Juillet . . . . . | 16.2 | 11.2 | 13.7 | 12.2 | 10.9 |
| Août. . . . . | 17.6 | 13.1 | 15.5 | 14.1 | 12.6 |
| Septembre . . . . . | 13.8 | 9.6 | 12.2 | 10.1 | 8.9 |
| Octobre . . . . . | 10.2 | 7.5 | 8.7 | 8.0 | 6.8 |
| Novembre . . . . . | 3.0 | - 0.8 | 1.1 | 0.1 | - 1.1 |
| Décembre . . . . . | 2.7 | - 0.4 | 1.0 | 0.5 | - 0.8 |
| Année . . . . . | 8.29 | 4.5 | 6.2 | 5.0 | 3.8 |

Réunies par saisons, nous trouvons les moyennes suivantes :

| 1909 | HIVER Déc., janv., févr. | PRINTEMPS Mars, avril, mai | ÉTÉ Juin, juill., août | AUTOMNE Sept., octob., nov. |
|---|---|---|---|---|
| | ° | ° | ° | ° |
| Neuchâtel . . . | —1.1 | 8.4 | 16.1 | 9.0 |
| Chaumont . . . | —3.7 | 4.2 | 11.3 | 5.4 |
| Cernier . . . . | —3.2 | 6.2 | 13.8 | 7.3 |
| La Chaux-de-Fonds | —3.9 | 4.8 | 12.6 | 6.1 |
| La Brévine . . . | —5.2 | 3.7 | 11.1 | 4.9 |

Les températures extrêmes ont été observées, en 1909, comme suit :

| | Le maximum absolu : | Le minimum absolu : |
|---|---|---|
| | ° | ° |
| A Neuchâtel . . . | 29.8 le 8 août | — 11.5 le 27 février |
| Chaumont . . . | 22.8 » 16 » | — 15.6 » 25 » |
| Cernier . . . . | 24.4 » 2 juin | — 15.5 » 1er janvier |
| La Chaux-de-Fonds | 26.2 » 25 juillet | — 16.5 » 25 février |
| La Brévine . . . | 24.0 » 8 août | — 24.6 » 28 » |

La variation de la température moyenne d'un jour à l'autre était, en 1909, en moyenne 1°,8, peu différente de celle constatée les années précédentes. Les périodes de réchauffement consécutif ne dépassent pas cinq jours, celles de refroidissement étaient quatre jours au maximum. La température du mois de mai était moins variable qu'en 1908. Le jour le plus froid de ce mois était le 2; dans la nuit du 2 au 3 mai la température était descendue jusqu'à — 1°,3.

La plus grande différence entre les températures extrêmes observées le même jour, fut constatée le 1er juin, où le maximum était 27°,9 et le minimum 9°,4.

La température de la terre végétale à une profondeur de 1 m. n'est pas descendue en dessous de 3°,7; nous avons observé le minimum de 3°,7 au mois de février et le maximum de 15°,8 au mois d'août. Dans le roc, à une profondeur de 1m,50, les températures extrêmes étaient : 2°,8 et 16°,2, ce qui donne une amplitude annuelle de 19°,5 dans la terre et 19°,0 dans le roc. L'amplitude annuelle de la température de l'air était de 41°,3.

En 1909, nous n'avons compté à l'Observatoire que 29 jours d'été ou jours pendant lesquels la température a atteint ou dépassé 25° C. Ces jours se répartissent de la manière suivante : mai, 6 jours; juin, 3; juillet, 7; août, 13. Le nombre de jours pendant lesquels la température est restée en dessous de 0 degré ou jours d'hiver, était 33 (janvier, 18; février, 9; décembre, 6). Outre ces jours d'hiver, nous avons compté 74 jours de gelée, pendant lesquels le minimum a atteint une valeur en dessous de 0 degré : janvier, 9; février, 16; mars, 21; avril, 3; mai, 1; novembre, 14 et décembre, 10. La dernière gelée a eu lieu le 3 mai et la première de l'hiver suivant le 6 novembre. Les plus longues périodes de froid, où la tempé-

rature moyenne est restée constamment en dessous de 0 degré, étaient de 20 jours (23 décembre 1908 au 11 janvier 1909) et de 16 jours (17 janvier au 3 février). Nous récapitulons les données statistiques dans le tableau suivant:

| Année | Jours d'été max. ≧ 25° | Jours d'hiver max. ≦ 0° | Jours de gelée min. ≦ 0° | Dernière gelée | Première gelée | Plus longue pér. de froid | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Nombre de jours | Mois |
| 1901 | 38 | 33 | 65 | 19 avril | 2 nov. | 12 | II |
| 1902 | 33 | 26 | 49 | 19 mars | 17 » | 10 | XII |
| 1903 | 41 | 24 | 63 | 26 avril | 17 » | 12 | I |
| 1904 | 66 | 17 | 64 | 3 » | 15 » | 7 | II |
| 1905 | 58 | 20 | 107 | 9 » | 18 oct. | 5 | I |
| 1906 | 63 | 24 | 72 | 5 » | 21 nov. | 8 | XII |
| 1907 | 43 | 17 | 73 | 2 mai | 15 » | 11 | II |
| 1908 | 47 | 29 | 74 | 23 avril | 23 oct. | 8 | XII |
| 1909 | 29 | 33 | 74 | 3 mai | 6 nov. | 16 | I et II |

En 1909, la pression athmosphérique à l'Observatoire etait en moyenne 718$^{mm}$,5. Le mois de mars se distingue tout particulièrement par une pression atmosphérique très basse (709$^{mm}$,2). Pendant ce mois, l'indication du baromètre est restée constamment en dessous de la moyenne de l'année. La plus haute pression (733$^{mm}$,8) fut enregistrée par notre barographe le 4 janvier à 9 h. du matin, et la plus faible (698$^{mm}$,2) le 15 mars, à 5 h. du matin; l'amplitude annuelle est donc 35$^{mm}$,6.

Quant aux vents dominants, la fréquence relative fut la même que les années précédentes; nous constatons parmi les 1095 observations de la direction du vent (365 × 3) inscrites dans nos registres, 304 fois (28 %) vent de NE, 211 fois (19 %) vent de SW, 161 fois (15 %) vent de NW et 109 fois (10 %) vent du Nord.

A La Chaux-de-Fonds la fréquence des vents dominants fut observée comme suit: NE 26 %, SW 40 % et S 11 %.

Les quantités d'eau tombée en 1909 sous forme de pluie ou de neige étaient pour les cinq stations principales de notre canton:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A Neuchâtel . . . | 1006mm; | 133 jours de pluie | ≧ | 1mm,0 |
| Chaumont . . . | 1211 » | 145 » | | » |
| Cernier . . . . | 1245 » | 149 » | | » |
| La Chaux-de-Fonds | 1708 » | 164 » | | » |
| La Brévine . . . | 1505 » | 156 » | | » |

Les plus fortes chutes de pluie en 24 heures ont été notées comme suit:

| | | |
|---|---|---|
| A Neuchâtel. . . . . | 32mm | le 22 juin |
| Chaumont. . . . . | 41 » | » 15 novembre |
| Cernier . . . . . | 37 » | » 9 juillet |
| La Chaux-de-Fonds. . | 51 » | » 15 » |
| La Brévine . . . . | 41 » | » 21 mai |

Les plus fortes chutes de neige sont tombées à Neuchâtel le 1er février, le 4 mars et le 15 mars (8 cm. environ). Le 2 mai il neigeait le matin. En automne, la neige fit sa première apparition à Neuchâtel le 18 novembre. Le sommet de Chaumont était couvert de neige déjà le 25 octobre. La plus longue période de sécheresse était de 10 jours au mois de mars et au mois de novembre; les plus longues périodes de pluie furent constatées vers la fin juin (11 jours avec 86mm de pluie), au mois de décembre (9 jours avec 93mm) et au mois d'octobre (8 jours avec 100mm de pluie). La succession de jours sans pluie avait une durée moyenne de 3.5 jours, et les périodes de pluie étaient en moyenne de 2.1 jours. Nous avons compté, en outre, 102 jours pendant lesquels le soleil était complètement caché derrière un rideau de nuages, dont 13 jours sans interruption au mois de décembre.

A Neuchâtel nous avons noté, en 1909, 27 jours avec des manifestations électriques dans l'atmosphère: 23 jours d'orage où l'on entendait le tonnerre dans une distance plus ou moins grande et 4 jours où des éclairs ont été observés. Ces jours d'orage se répartissent sur les différents mois comme suit: avril, 1; mai, 5; juin, 5; juillet, 2; août, 5; septembre, 5.

Le premier orage de l'année fut constaté dans notre contrée le 18 avril et le dernier le 22 septembre.

En 1909 nous ne comptons que 2 jours avec brouillard intense sur le sol pendant toute la journée; 22 jours avec brouillard le matin, qui se dissipait dans le courant de la matinée; 17 jours avec brouillard plus élevé (d'une cinquantaine de mètres au-dessus du sol).

Quant à la transparence de l'atmosphère nous avons noté 57 jours pendant lesquels les Alpes étaient visibles. C'est surtout au mois d'avril où le beau panorama des Alpes a pu être admiré le plus souvent.

La durée d'insolation, exprimée en heures, a été enregistrée comme suit :

| 1909 | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Neuchâtel . . . | 45.1 | 112.$1_5$ | 76.$3_5$ | 222.6 | 276.$0_5$ | 161.9 |
| La Chaux-de-Fonds | 109.3 | 105.7 | 73.5 | 210.4 | 251.0 | 131.6 |

| 1909 | Juillet | Août | Septemb. | Octob. | Novemb. | Décemb. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Neuchâtel . . . | 216.$7_5$ | 232.2 | 139.2 | 83.$8_5$ | 68.$7_5$ | 24.$8_5$ |
| La Chaux-de-Fonds | 168.9 | 205.9 | 137.2 | 135.0 | 79.6 | 48.0 |

Pour les saisons nous trouvons :

| 1909 | HIVER Déc., janv., févr. heures | PRINTEMPS Mars, avril, mai heures | ÉTÉ Juin, juillet, août heures | AUTOMNE Sept., octob., nov. heures |
|---|---|---|---|---|
| Neuchâtel . . . | 161.2 | 575.0 | 610.$8_5$ | 291.8 |
| La Chaux-de-Fonds | 271.9 | 534.9 | 506.4 | 351.8 |

La durée totale d'insolation en 1909 était :

A Neuchâtel. . . . . 1659.$7_5$ heures
La Chaux-de-Fonds. . 1656.1 »

# DURÉE D'INSOLATION — SOMMES MENSUELLES PAR HEURE

## 1909 — NEUCHATEL (Observatoire)

| MOIS | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | 10-11 | 11-12 | 12-1 | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | Durée totale heures |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier. . | — | — | — | — | 0.6 | 2.7$_5$ | 5.9 | 9.6$_5$ | 8.2 | 6.1 | 8.1$_5$ | 3.7$_5$ | — | — | — | — | 45.1 |
| Février. . | — | — | — | 1.6 | 6.0 | 9.3$_5$ | 14.0 | 16.4 | 16.4$_5$ | 14.3$_5$ | 13.8 | 12.2 | 7.8 | 0.2 | — | — | 112.1$_5$ |
| Mars. . . | — | — | 0.0$_5$ | 3.4 | 6.0 | 9.1 | 10.9$_5$ | 11.5$_5$ | 10.9$_5$ | 7.4$_5$ | 6.0 | 6.0 | 4.8 | 0.1 | — | — | 76.3$_5$ |
| Avril. . . | — | 0.1 | 7.6 | 15.4$_5$ | 20.1 | 21.7 | 21.6$_5$ | 21.3$_5$ | 21.4$_5$ | 20.9$_5$ | 19.8$_5$ | 19.9$_5$ | 17.9 | 12.1$_5$ | 2.4 | — | 222.6 |
| Mai . . . | — | 7.1 | 18.1$_5$ | 21.9 | 22.3$_5$ | 24.8 | 24.2 | 24.4$_5$ | 23.6 | 22.8 | 22.7 | 17.4$_5$ | 18.2 | 17.5 | 10.7$_5$ | 0.1 | 276.0$_5$ |
| Juin . . . | — | 6.0 | 9.1$_5$ | 9.9 | 14.0$_5$ | 16.6 | 14.5 | 15.4 | 13.5$_5$ | 13.4 | 11.4 | 11.9 | 10.5 | 8.3 | 6.4$_5$ | 0.8 | 161.9 |
| Juillet . . | — | 6.8$_5$ | 12.4 | 14.4 | 16.9$_5$ | 20.8 | 20.1$_5$ | 15.5 | 15.4$_5$ | 17.2 | 18.0$_5$ | 17.3$_5$ | 16.2 | 14.5$_5$ | 10.8$_5$ | 0.0$_5$ | 216.7$_5$ |
| Août. . . | — | 1.6 | 10.4$_5$ | 16.8$_5$ | 19.3 | 21.1$_5$ | 21.2$_5$ | 20.2$_5$ | 19.9 | 21.7$_5$ | 21.9 | 19.3$_5$ | 17.6$_5$ | 15.5$_5$ | 5.3 | — | 232.2 |
| Septemb. | — | — | 2.5 | 9.8$_5$ | 10.9$_5$ | 11.6$_5$ | 10.9$_5$ | 14.2$_5$ | 14.0 | 15.6 | 17.2 | 13.6 | 11.3$_5$ | 7.2 | 0.1 | — | 139.2 |
| Octobre . | — | — | — | 1.8$_5$ | 3.9$_5$ | 4.8 | 6.4 | 9.4$_5$ | 11.7 | 12.2 | 13.2 | 11.0$_5$ | 8.9 | 0.3$_5$ | — | — | 83.8$_5$ |
| Novembre | — | — | — | 0.4 | 4.1 | 6.4 | 6.9$_5$ | 10.3$_5$ | 12.4$_5$ | 11.2 | 8.4$_5$ | 6.2 | 2.2$_5$ | — | — | — | 68.7$_5$ |
| Décembre | — | — | — | — | 1.6$_5$ | 3.9 | 3.2 | 4.1 | 5.2$_5$ | 3.5$_5$ | 2.8$_5$ | 0.3$_5$ | — | — | — | — | 24.8$_5$ |
| Moyenne. | — | 21.6$_5$ | 60.3 | 95.6 | 126.0 | 153.0 | 160.1 | 172.7 | 172.9$_5$ | 166.5$_5$ | 163.5$_5$ | 139.1$_5$ | 115.5$_5$ | 75.8$_5$ | 35.8$_5$ | 0.9$_5$ | 1659.7$_5$ |

## 1909 — LA CHAUX-DE-FONDS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier. . | — | — | — | — | 2.8 | 8.5 | 13.8 | 15.7 | 17.8 | 19.6 | 19.8 | 11.3 | — | — | — | — | 109.3 |
| Février. . | — | — | — | 3.5 | 7.6 | 11.6 | 13.3 | 13.6 | 14.2 | 13.7 | 13.4 | 10.7 | 4.1 | — | — | — | 105.7 |
| Mars. . . | — | — | 0.5 | 2.1 | 6.3 | 7.1 | 8.9 | 9.1 | 9.5 | 10.7 | 7.8 | 8.1 | 3.0 | 0.4 | — | — | 73.5 |
| Avril. . . | — | 0.4 | 10.3 | 17.4 | 18.8 | 20.1 | 19.9 | 19.7 | 19.4 | 19.8 | 18.1 | 17.9 | 16.0 | 11.2 | 1.4 | — | 210.4 |
| Mai . . . | 0.3 | 9.5 | 16.7 | 22.6 | 23.4 | 23.2 | 20.2 | 18.2 | 19.9 | 18.1 | 17.5 | 18.1 | 17.3 | 17.1 | 8.9 | — | 251.0 |
| Juin . . . | — | 6.1 | 8.4 | 9.3 | 10.9 | 11.9 | 11.1 | 11.7 | 10.3 | 10.2 | 10.1 | 11.4 | 8.9 | 6.8 | 4.4 | 0.1 | 131.6 |
| Juillet . . | — | 4.2 | 9.5 | 12.1 | 13.9 | 14.4 | 14.5 | 13.1 | 12.9 | 15.3 | 14.0 | 14.4 | 13.1 | 11.3 | 6.2 | — | 168.9 |
| Août. . . | — | 2.7 | 11.4 | 16.4 | 17.9 | 17.6 | 17.2 | 18.8 | 18.8 | 18.6 | 17.3 | 16.1 | 16.5 | 12.8 | 3.8 | — | 205.9 |
| Septemb. | — | — | 2.9 | 10.8 | 14.8 | 14.6 | 14.8 | 14.5 | 13.1 | 13.7 | 14.6 | 13.2 | 7.8 | 2.4 | — | — | 137.2 |
| Octobre . | — | — | — | 7.4 | 12.9 | 14.2 | 16.3 | 17.1 | 17.3 | 14.0 | 15.9 | 13.0 | 6.9 | — | — | — | 135.0 |
| Novembre | — | — | — | 1.0 | 2.6 | 7.4 | 11.4 | 14.9 | 13.7 | 10.0 | 9.9 | 6.9 | 1.8 | — | — | — | 79.6 |
| Décembre | — | — | — | — | 0.6 | 3.1 | 6.6 | 7.6 | 9.6 | 8.8 | 7.7 | 4.0 | — | — | — | — | 48.0 |
| Moyenne. | 0.3 | 22.9 | 59.7 | 102.6 | 132.5 | 153.7 | 168.0 | 174.0 | 176.5 | 172.5 | 166.1 | 145.1 | 95.4 | 62.0 | 24.7 | 0.1 | 1656.1 |

# QUANTITÉ D'EAU TOMBEE EN FORME DE PLUIE OU DE NEIGE, EN MILLIMÈTRES

**1909**

| LOCALITÉS | Altitude | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Octob. | Nov. | Déc. | Année | Nombre de jours ≧ 0,1mm | Plus forte chute en 24 h. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Les Brenets . . . . . | ca 850 | 78 | 71 | 109 | 101 | 66 | 221 | 197 | 94 | 161 | 208 | 50 | 181 | 1537 | 166 | 41 |
| La Chaux-de-Fonds . | 986 | 95 | 79 | 119 | 133 | 73 | 239 | 254 | 83 | 139 | 226 | 63 | 205 | 1708 | 164 | 51 |
| Saint-Sulpice. . . . . | ca 760 | 90 | 60 | 121 | 112 | 55 | 170 | 164 | 106 | 118 | 212 | 54 | 246 | 1508 | 160 | 40 |
| Couvet . . . . . | ca 750 | 59 | 57 | 85 | 91 | 53 | 191 | 143 | 93 | 102 | 183 | 46 | 189 | 1292 | 154 | 31 |
| Boudry . . . . . | ca 450 | 19 | 28 | 81 | 64 | 51 | 236 | 120 | 93 | 83 | 199 | 40 | 142 | 1156 | — | 68 |
| Serrières . . . . . | ca 470 | 26 | 32 | 49 | 52 | 34 | 168 | 70 | 82 | 70 | 109 | 42 | 141 | 875 | 124 | 31 |
| Neuchâtel . . . . . | 488 | 40 | 44 | 72 | 70 | 25 | 161 | 87 | 81 | 73 | 126 | 48 | 179 | 1006 | 133 | 32 |
| Chambrelien . . . . . | ca 743 | 48 | 48 | 74 | 88 | 59 | 189 | 115 | 75 | 83 | 152 | 60 | 179 | 1170 | 127 | 38 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | 76 | 66 | 113 | 100 | 101 | 185 | 194 | 112 | 131 | 186 | 61 | 180 | 1505 | 156 | 41 |
| Les Ponts . . . . . | 1020 | 75 | 78 | 106 | 107 | 63 | 218 | 178 | 120 | 111 | 179 | 60 | 200 | 1495 | 157 | 37 |
| Tête-de-Rang . . . . | ca 1435 | 62 | 48 | 89 | 135 | 39 | 256 | 202 | 107 | — | 44 | 76 | 112 | — | — | — |
| Chaumont . . . . . | 1127 | 44 | 55 | 79 | 76 | 34 | 185 | 113 | 114 | 105 | 156 | 67 | 183 | 1211 | 145 | 41 |
| Dombresson . . . . . | 740 | 52 | 61 | 73 | 72 | 45 | 188 | 145 | 64 | 118 | 155 | 60 | 159 | 1192 | 154 | 35 |
| Cernier . . . . . | 800 | 59 | 66 | 83 | 92 | 42 | 213 | 144 | 47 | 97 | 184 | 54 | 164 | 1245 | 149 | 37 |
| Fontainemelon . . . . | ca 870 | 80 | 80 | 113 | 136 | 50 | 250 | 195 | 78 | 187 | 244 | 77 | 241 | 1731 | 165 | 68 |
| Valangin . . . . . | ca 655 | 48 | 55 | 80 | 68 | 48 | 207 | 103 | 81 | 90 | 144 | 48 | 200 | 1172 | 145 | 35 |
| Colombier . . . . . | | 38 | 42 | 59 | 62 | 40 | 162 | 94 | 82 | 71 | 132 | 43 | 178 | 1003 | 134 | 28 |
| Malvilliers . . . . . | | 89 | 57 | 93 | 121 | 71 | 253 | 134 | 68 | 109 | 194 | 60 | 204 | 1453 | 120 | 39 |
| Brot-Dessous . . . . | | 47 | 46 | 71 | 83 | 61 | 209 | 124 | 106 | 96 | 163 | 47 | 155 | 1208 | 138 | 36 |

## NEUCHATEL (Observatoire)

| Année | Température moyenne $\frac{1}{4}(7+1+2\cdot9)$ | Maximum | Jour | Mois | Minimum | Jour | Mois | Durée d'insolation | Eau tombée (pluie, neige) | Nombre de jours de pluie ou de neige | Maximum en 24 heures | Mois |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° | ° | | | ° | | | Heures | mm | | mm | |
| 1901 | 8.4 | 30.6 | 2 | VI | - 14.5 | 15 | II | — | 994 | 119 | 43 | VI |
| 1902 | 8.6 | 32.8 | 8 | VII | - 8.1 | 7 | XII | 1350.7 | 921 | 134 | 48 | V |
| 1903 | 8.8 | 30.8 | 29 | VI | - 8.9 | 17 | I | 1475.4 | 808 | 120 | 31 | VIII |
| 1904 | 9.7 | 32.6 | 8 | VIII | - 7.5 | 27 | II | 1509.1 | 766 | 111 | 42 | II |
| 1905 | 8.8 | 33.6 | 4 | VII | - 16.4 | 3 | I | 1591.4 | 1026 | 130 | 39 | VIII |
| 1906 | 9.3 | 33.3 | 3 | VIII | - 14.0 | 31 | XII | 1808.6 | 779 | 112 | 62 | XI |
| 1907 | 8.9 | 32.3 | 5 | VIII | - 16.2 | 23 | I | 1476.6 | 799 | 142 | 43 | II |
| 1908 | 8.5 | 31.0 | 12 | VII | - 13.4 | 31 | XII | 1478.2 | 946 | 133 | 49 | VIII |
| 1909 | 8.3 | 29.8 | 8 | VIII | - 11.5 | 27 | II | 1659 7;; | 1006 | 133 | 32 | VI |

## LA CHAUX-DE-FONDS

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1901 | 5.4 | 26.0 | 1 | VI | - 25.6 | 15 | II | — | 1605 | 149 | 48 | IV |
| 1902 | 6.0 | 29.2 | 15 | VII | - 12.8 | 4 | XII | 1542.9 | 1498 | 163 | 62 | V |
| 1903 | 6.0 | 26.5 | 4 | IX | - 16.3 | 17 | I | 1505.8 | 1261 | 154 | 61 | VIII |
| 1904 | 6.5 | 27.7 | 17 | VII | - 16.4 | 27 | II | 1625.6 | 1293 | 142 | 38 | V |
| 1905 | 5.6 | 28.5 | 3 | VII | - 19.8 | 2 | I | 1569.1 | 1535 | 169 | 44 | VIII |
| 1906 | 5.9 | 27.3 | 2 | VIII | - 19.5 | 30 | XII | 1781.4 | 1397 | 140 | 72 | V |
| 1907 | 6.0 | 28.7 | 5 | VIII | - 22.0 | 4 | II | 1549.5 | 1231 | 175 | 46 | III |
| 1908 | 5.7 | 26.1 | 12 | VII | - 19.0 | 31 | XII | 1733.8 | 1404 | 157 | 54 | IX |
| 1909 | 5.0 | 26.2 | 25 | VII | - 16.5 | 25 | II | 1656.1 | 1708 | 164 | 51 | VII |

## MOYENNES ANNUELLES — 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. ¼(7,1,2·9) | Minimum | Jour | Mois | Maximum | Jour | Mois | Pressions atm. moyennes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m. | ° | ° | ° | ° | ° | | | ° | | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 488 | 6.2 | 11.2 | 7.8 | 8.3 | - 11.5 | 27 | II | 29.8 | 8 | VIII | 718.5 |
| Chaumont | 1127 | 3.3 | 7.0 | 3.8 | 4.5 | - 15.6 | 25 | II | 22.8 | 16 | VIII | 665.3 |
| Cernier | 800 | 4.7 | 9.1 | 5.6 | 6.2 | - 15.5 | 1 | I | 24.4 | 2 | VI | — |
| La Chaux-de-Fonds | 986 | 3.5 | 8.2 | 4.2 | 5.0 | - 16.5 | 25 | II | 26.2 | 25 | VII | 676.5 |
| La Brévine | 1077 | 1.9 | 6.9 | 3.2 | 3.8 | - 24.6 | 28 | II | 24.0 | 8 | VIII | 669.3 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | NÉBULOSITÉ 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | DURÉE D'INSOLATION Somme | Eau tombée (pluie, neige) Somme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 85 | 67 | 77 | 76 | 7.1 | 6.6 | 6.1 | 6.6 | 1659.75 | 1006 |
| Chaumont | 87 | 74 | 85 | 82 | 6.4 | 6.6 | 5.9 | 6.3 | — | 1211 |
| Cernier | — | — | — | — | 6.2 | 6.4 | 6.0 | 6.2 | — | 1245 |
| La Chaux-de-Fonds | 85 | 67 | 85 | 79 | 6.1 | 6.5 | 5.4 | 6.0 | 1656.1 | 1708 |
| La Brévine | — | — | — | — | 6.1 | 6.3 | 4.9 | 5.8 | — | 1505 |

| | FRÉQUENCE DU VENT N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Neuchâtel (Observatoire) | 109 | 304 | 76 | 47 | 18 | 211 | 99 | 161 | 73 |
| Chaumont | 110 | 112 | 96 | 51 | 29 | 137 | 262 | 105 | 193 |
| Cernier | 1 | 47 | 30 | 8 | 2 | 147 | 68 | 56 | 736 |
| La Chaux-de-Fonds | 19 | 285 | 50 | 55 | 125 | 437 | 11 | 15 | 98 |
| La Brévine | 58 | 28 | 39 | 33 | 63 | 50 | 192 | 71 | 561 |

# REMARQUES

## JANVIER 1909

Le 1er, brumeux et givre sur le sol.
2, givre sur le sol; brouillard en bas Chaumont le matin; toutes les Alpes visibles vers le soir.
3, brouillard en bas Chaumont le matin; soleil visible par moments pendant l'après-midi.
4, brouillard en bas Chaumont.
5, brouillard en bas Chaumont.
6, givre sur le sol; brumeux.
7, givre sur le sol; brumeux; le vent tourne au NW le soir.
8, neige fine jusqu'à 3 h. 1/2 de l'après-midi; assez fort vent d'Ouest le matin, qui tombe vers 1 h. 1/2 de l'après-midi; environ 6 cm. de neige fraîche à 1 h.; fort joran à partir de 8 h. s.
9, neige fine depuis 3 h. 1/2 à 5 h. s.
11, vent NE à 7 h. 1/2 m.; neige fine à partir de 3 h. 3/4 s.
12, pluie fine intermittente tout le jour; brouillard sur Chaumont à 1 h.
13, pluie fine intermittente tout le jour; brouillard mi Chaumont à 1 h.
14, pluie fine intermittente tout le jour.
15, pluie fine intermittente à partir de 3 h. 3/4 de l'après-midi; toutes les Alpes visibles.
16, pluie fine intermittente jusqu'à 7 h. m. et le soir à partir de 6 h. 1/4 mêlée de flocons de neige.
17, pluie mêlée de neige pendant la nuit; toutes les Alpes visibles l'après-midi; le ciel s'éclaircit vers le soir.
18, toutes les Alpes visibles le matin et le soir.
19, le ciel se couvre dans la matinée; brumeux à 1 h.
20, brouillard sur Chaumont.
23, neige fine jusqu'à 7 h. m.; le ciel s'éclaircit dans la soirée.
25, brouillard en bas Chaumont à 1 h.
27, brise SE sur le lac à 7 h. m.
28, pendant l'après-midi le vent tourne pour un moment au SW.
29, vent SW pendant l'après-midi.
30, neige fine depuis 1 h. à 7 h. 1/2 s.; environ 5 cm. le soir.
31, flocons de neige de 2 h. à 3 h. de l'après-midi.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | - 10.4 | - 6.2 | - 8.4 | - 8.3 | - 12.1 | - 4.3 | - 10.4 | - 6.2 | - 8.6 | - 8.4 | 33.0 | 32.5 | 33.4 | 33.0 |
| 2 | - 9.7 | - 0.7 | - 2.5 | - 4.3 | - 10.8 | 1.1 | - 9.7 | - 2.0 | - 3.2 | - 5.0 | 33.4 | 31.8 | 32.0 | 32.4 |
| 3 | - 3.6 | - 2.8 | - 3.8 | - 3.4 | - 4.5 | - 2.7 | - 4.0 | - 3.2 | - 4.2 | - 3.8 | 32.5 | 31.5 | 32.6 | 32.2 |
| 4 | - 5.2 | - 4.2 | - 5.5 | - 5.0 | - 6.0 | - 3.7 | - 5.4 | - 4.6 | - 5.7 | - 5.2 | 33.2 | 33.2 | 33.6 | 33.3 |
| 5 | - 6.6 | - 5.8 | - 4.7 | - 5.7 | - 7.0 | - 4.3 | - 6.6 | - 5.9 | - 4.9 | - 5.8 | 33.3 | 32.6 | 31.9 | 32.6 |
| 6 | - 6.2 | - 5.0 | - 4.2 | - 5.1 | - 7.4 | - 3.6 | - 6.2 | - 5.0 | - 4.2 | - 5.1 | 30.0 | 29.0 | 28.6 | 29.2 |
| 7 | - 6.7 | - 5.6 | - 4.2 | - 5.5 | - 7.3 | - 3.7 | - 6.7 | - 5.6 | - 4.2 | - 5.5 | 28.7 | 26.7 | 24.1 | 26.5 |
| 8 | - 0.8 | 0.0 | - 1.6 | - 0.8 | - 4.6 | 0.3 | - 1.6 | - 0.0 | - 3.2 | - 1.6 | 17.2 | 12.0 | 07.9 | 12.4 |
| 9 | - 4.6 | - 0.8 | - 3.8 | - 3.1 | - 5.9 | - 0.3 | - 5.0 | - 1.8 | - 4.2 | - 3.7 | 12.5 | 14.6 | 17.3 | 14.8 |
| 10 | - 6.1 | - 1.8 | - 7.6 | - 5.2 | - 8.3 | - 1.5 | - 6.6 | - 3.6 | - 7.9 | - 6.0 | 18.2 | 18.9 | 20.2 | 19.1 |
| 11 | - 5.5 | - 2.2 | 0.3 | - 2.5 | - 8.7 | 0.6 | - 6.2 | - 3.2 | - 0.1 | - 3.2 | 20.0 | 17.5 | 15.9 | 17.8 |
| 12 | 2.8 | 4.1 | 3.4 | 3.4 | - 0.2 | 4.8 | 2.3 | 3.6 | 3.1 | 3.0 | 15.6 | 16.5 | 16.7 | 16.3 |
| 13 | 3.2 | 4.9 | 7.2 | 5.1 | 2.1 | 7.3 | 2.9 | 4.6 | 5.9 | 4.5 | 15.3 | 12.4 | 10.8 | 12.8 |
| 14 | 7.7 | 7.2 | 6.0 | 7.0 | 5.3 | 7.7 | 5.6 | 5.2 | 5.0 | 5.3 | 08.3 | 11.4 | 13.5 | 11.1 |
| 15 | 5.6 | 9.2 | 7.2 | 7.3 | 3.3 | 9.7 | 4.3 | 6.6 | 6.0 | 5.6 | 11.0 | 10.2 | 11.7 | 11.0 |
| 16 | 5.8 | 6.8 | 2.4 | 5.0 | 1.6 | 7.2 | 3.6 | 3.9 | 1.3 | 2.9 | 14.6 | 17.7 | 20.8 | 17.7 |
| 17 | 0.7 | 2.8 | - 0.9 | 0.9 | - 1.5 | 3.0 | - 0.7 | 0.8 | - 1.7 | - 0.5 | 26.9 | 28.4 | 28.4 | 27.9 |
| 18 | - 3.7 | 1.7 | - 1.3 | - 1.1 | - 4.6 | 2.5 | - 3.9 | 0.5 | - 2.2 | - 1.9 | 26.7 | 24.9 | 22.7 | 24.8 |
| 19 | - 4.7 | - 1.6 | - 2.1 | - 2.8 | - 5.3 | - 0.8 | - 4.7 | - 2.0 | - 2.4 | - 3.0 | 19.4 | 19.0 | 20.2 | 19.5 |
| 20 | - 2.5 | - 1.7 | - 2.5 | - 2.2 | - 3.6 | - 0.8 | - 3.1 | - 2.6 | - 3.4 | - 3.0 | 21.2 | 21.3 | 22.4 | 21.6 |
| 21 | - 3.0 | - 2.6 | - 3.8 | - 3.1 | - 4.4 | - 2.5 | - 3.8 | - 3.6 | - 4.6 | - 4.0 | 23.0 | 23.6 | 23.3 | 23.3 |
| 22 | - 3.8 | - 2.4 | - 3.2 | - 3.1 | - 4.7 | - 2.1 | - 4.4 | - 3.5 | - 4.0 | - 4.0 | 21.3 | 19.8 | 18.7 | 19.9 |
| 23 | - 4.2 | - 0.3 | - 3.2 | - 2.6 | - 4.8 | 1.1 | - 4.2 | - 1.6 | - 4.0 | - 3.3 | 18.4 | 18.7 | 18.7 | 18.6 |
| 24 | - 6.2 | - 0.8 | - 5.2 | - 4.1 | - 7.0 | - 0.1 | - 6.4 | - 2.2 | - 5.4 | - 4.7 | 19.6 | 19.1 | 20.1 | 19.6 |
| 25 | - 6.2 | - 5.0 | - 5.7 | - 5.6 | - 7.7 | - 4.6 | - 6.4 | - 5.4 | - 6.4 | - 6.1 | 21.3 | 21.6 | 22.6 | 21.8 |
| 26 | - 6.4 | - 2.8 | - 5.5 | - 4.9 | - 7.1 | - 2.0 | - 8.0 | - 4.6 | - 6.6 | - 6.4 | 23.2 | 22.9 | 24.0 | 23.4 |
| 27 | - 9.1 | - 2.4 | - 5.2 | - 5.6 | - 10.0 | - 1.5 | - 9.1 | - 4.4 | - 6.2 | - 6.6 | 24.1 | 23.9 | 24.2 | 24.1 |
| 28 | - 8.8 | - 1.4 | - 4.6 | - 4.9 | - 9.2 | - 0.1 | - 9.0 | - 2.8 | - 5.4 | - 5.7 | 24.5 | 24.4 | 24.7 | 24.5 |
| 29 | - 7.9 | - 0.1 | - 3.8 | - 3.9 | - 8.4 | 1.3 | - 8.0 | - 1.3 | - 4.8 | - 4.7 | 23.8 | 22.8 | 21.7 | 22.8 |
| 30 | - 2.2 | 1.6 | - 2.5 | - 1.0 | - 6.0 | 2.0 | - 3.4 | - 2.0 | - 3.6 | - 3.0 | 17.5 | 15.6 | 17.6 | 16.9 |
| 31 | - 3.3 | - 1.6 | - 3.0 | - 2.6 | - 4.4 | - 1.0 | - 6.0 | - 2.6 | - 3.2 | - 3.9 | 17.7 | 17.0 | 17.0 | 17.2 |
| Moy. | - 3.60 | - 0.63 | - 2.33 | - 2.18 | - 5.14 | 0.29 | - 4.22 | - 1.76 | - 3.00 | - 2.99 | 722.11 | 721.66 | 721.85 | 721.87 |

Moy. $\frac{1}{4} \cdot (7 + 1 + 2 \times 9)$: - 2.22

| Jours | Humidité relative en % | | | | Vent Direction et intensité | | | Nébulosité 0 = sans nuages ; 10 = tout-à-fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | heures | mm. |
| 1 | 100 | 100 | 94 | 98 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 10 | 2 | 0 | 4 | 5.5 | . |
| 2 | 100 | 76 | 85 | 87 | NE 1 | E 2 | NE 2 | 10 | 0 | 0 | 3 | . | . |
| 3 | 91 | 92 | 91 | 91 | NE 1 | NE 2 | NE 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 4 | 95 | 91 | 95 | 94 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 5 | 100 | 97 | 95 | 97 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 6 | 100 | 100 | 100 | 100 | NE 0 | NE 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 7 | 100 | 100 | 100 | 100 | NE 0 | NE 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 8 | 85 | 100 | 69 | 85 | W 3 | W 2 | N 3 | 10 | 10 | 4 | 8 | . | 8.4 |
| 9 | 90 | 81 | 91 | 87 | N 1 | NE 1 | NE 1 | 8 | 3 | 5 | 5 | 2.6s | 0.3 |
| 10 | 87 | 64 | 92 | 81 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 9 | 3 | 7 | 6 | 5.1 | . |
| 11 | 83 | 80 | 93 | 85 | W 1 | SW 1 | W 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1.0s | 3.4 |
| 12 | 92 | 92 | 95 | 93 | W 1 | SW 2 | SW 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 5.7 |
| 13 | 95 | 95 | 82 | 91 | W 1 | SW 3 | SW 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 6.0 |
| 14 | 72 | 72 | 85 | 76 | SW 3 | SW 3 | SW 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.6 |
| 15 | 80 | 67 | 83 | 77 | SW 2 | SW 3 | SW 3 | 9 | 8 | 10 | 9 | . | 3.8 |
| 16 | 68 | 60 | 81 | 70 | SW 2 | SW 3 | SW 3 | 10 | 8 | 9 | 9 | 1.0 | 7.4 |
| 17 | 75 | 67 | 85 | 76 | W 1 | W 2 | N 1 | 9 | 10 | 0 | 6 | 0.3s | . |
| 18 | 95 | 79 | 82 | 85 | NE 1 | SW 1 | N 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 6.0s | . |
| 19 | 100 | 92 | 94 | 95 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 3 | 10 | 10 | 8 | . | . |
| 20 | 87 | 82 | 81 | 83 | NW 1 | E 1 | NE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 21 | 83 | 79 | 82 | 81 | NE 2 | NE 1 | NE 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 22 | 87 | 77 | 83 | 82 | NE 1 | E 1 | NE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.7 |
| 23 | 100 | 76 | 83 | 86 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 0 | 7 | . | . |
| 24 | 95 | 74 | 95 | 88 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 4 | 3 | 0 | 2 | 5.9 | . |
| 25 | 95 | 90 | 83 | 89 | NE 1 | NE 1 | NE 2 | 10 | 10 | 2 | 7 | . | . |
| 26 | 59 | 63 | 73 | 65 | NE 2 | NE 2 | NE 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 6.8s | . |
| 27 | 100 | 60 | 76 | 79 | NW 1 | NE 1 | N 1 | 5 | 7 | 2 | 5 | 3.0s | . |
| 28 | 94 | 73 | 81 | 83 | NE 1 | E 1 | NE 1 | 3 | 5 | 0 | 3 | 3.1s | . |
| 29 | 97 | 78 | 78 | 84 | NE 1 | NE 1 | NW 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 4.4 | . |
| 30 | 75 | 42 | 77 | 65 | W 1 | SW 3 | NW 1 | 9 | 10 | 8 | 9 | . | 2.8 |
| 31 | 44 | 80 | 96 | 73 | NW 2 | SW 1 | SW 2 | 10 | 8 | 10 | 9 | . | 0.5 |
| Moy. | 87.9 | 80.0 | 86.5 | 84.7 | | | | 8.2 | 7.5 | 6.0 | 7.2 | 45.1 Somme | 39.6 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — JANVIER 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1,2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | o | o | o | o | o | | o | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | - 3.6 | - 0.6 | - 2.3 | - 2.2 | - 10.8 | 2 | 9.7 | 15 | 721.9 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | - 4.5 | - 0.8 | - 4.1 | - 3.4 | - 11.8 | 26 | 8.4 | 6 | 667.3 |
| Cernier . . . . . | 800 | - 6.4 | - 2.1 | - 4.9 | - 4.6 | - 15.5 | 1 | 7.0 | 15 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | - 6.9 | - 0.8 | - 5.9 | - 4.9 | - 16.2 | 1 | 5.8 | 15 | 678.8 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | - 9.8 | - 2.6 | - 6.7 | - 6.5 | - 22.2 | 1 | 5.2 | 15 | 671.6 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 88 | 80 | 86 | 85 | 8.2 | 7.5 | 6.0 | 7.2 | 45.1 | 40 |
| Chaumont . . . . . | 79 | 70 | 81 | 77 | 4.7 | 5.3 | 4.6 | 4.9 | — | 44 |
| Cernier . . . . . | - | - | - | - | 6.3 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | — | 59 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 90 | 74 | 89 | 84 | 4.8 | 4.5 | 4.0 | 4.4 | 109.3 | 95 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 4.7 | 4.5 | 3.2 | 4.1 | — | 76 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 9 | 44 | 4 | 0 | 0 | 18 | 9 | 7 | 2 |
| Chaumont . . . . . | 15 | 14 | 10 | 2 | 0 | 2 | 28 | 11 | 11 |
| Cernier . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 14 | 2 | 70 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 2 | 20 | 4 | 4 | 16 | 26 | 0 | 0 | 21 |
| La Brévine . . . . . | 5 | 0 | 1 | 4 | 0 | 4 | 18 | 3 | 58 |

# REMARQUES

## FÉVRIER 1909

Le 1er, neige fine intermittente tout le jour; environ 8 cm. à 9 h. s.
2, neige fine pendant la nuit; toutes les Alpes visibles le matin et le soir; le ciel se couvre vers 1 h. de l'après-midi.
3, les Alpes visibles l'après-midi; gouttes de pluie fine par moments dans la soirée.
4, pluie fine intermittente tout le jour.
5, pluie fine intermittente jusqu'à 7 h. m. et à partir de 4 h. s.
6, pluie fine pendant la nuit.
9, vent du SW à partir de 1 h. 1/4.
10, fort vent SW pendant la nuit et neige fine mêlée de pluie à partir de 7 h. 1/2 m.; brouillard en bas Chaumont à 1 h.
11, neige intermittente jusqu'à 10 h. 1/2 m.; environ 5 à 6 cm. tombée fraîchement pendant la nuit.
12, brouillard sur Chaumont à 1 h.
13, soleil perce vers midi.
15, brouillard sur le sol le matin; soleil perce par moments à partir de 10 h.; neige très fine de 5 h. à 7 h. 1/2 s.
16, neige très fine intermittente depuis 7 h. 1/4 à 1 h. 1/2; soleil visible par moments à partir de 11 h.; le ciel s'éclaircit pour un moment dans la soirée.
17, neige fine intermittente jusqu'à 1 h. 1/2; soleil perce vers 10 h. 1/4.
18, brouillard épais sur le sol de 7 h. 1/2 à 10 h. m.; soleil perce vers 10 h. 1/2.
19, brouillard épais sur le sol jusqu'à 8 h. m.
20, brouillard épais sur l'autre rive du lac à 7 h. m.
23, le ciel se couvre pendant l'après-midi et s'éclaircit de nouveau après 9 h. s.; neige fine de 4 h. 1/2 à 8 h. 1/2 s.; environ 2 cm. de neige fraîche à 9 h.
25, soleil visible à peine par petits instants; flocons de neige fine par moments tout le jour.
26, neige fine intermittente depuis 7 h. m. à 1 h. 1/2; brumeux à 1 h.
27, le soir, le bord du lac entre les Saars et Saint-Blaise est gelé sur une largeur d'environ 100 m.
28, champs de glace flottants sur le lac le matin.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | - 2.6 | - 1.3 | 1.1 | - 0.9 | - 3.6 | 1.5 | - 3.2 | - 1.6 | - 0.8 | - 1.9 | 14.7 | 12.7 | 14.4 | 13.9 |
| 2 | - 4.6 | 1.3 | - 1.2 | - 1.5 | - 6.3 | 2.0 | - 6.2 | - 1.0 | - 2.8 | - 3.3 | 21.4 | 22.9 | 24.2 | 22.8 |
| 3 | - 0.2 | 1.2 | 2.1 | 1.0 | - 1.5 | 2.7 | - 2.0 | - 1.8 | 1.0 | - 0.9 | 23.7 | 23.9 | 23.2 | 23.6 |
| 4 | 3.9 | 6.7 | 4.3 | 5.0 | 1.6 | 7.0 | 2.9 | 5.0 | 3.6 | 3.8 | 22.4 | 22.0 | 21.9 | 22.1 |
| 5 | 4.3 | 7.0 | 4.7 | 5.3 | 3.0 | 8.4 | 3.4 | 4.7 | 3.3 | 3.8 | 19.7 | 17.3 | 18.5 | 18.5 |
| 6 | 2.8 | 5.6 | 2.9 | 3.8 | 2.0 | 6.4 | 0.8 | 1.6 | 0.5 | 1.0 | 20.6 | 20.1 | 20.0 | 20.2 |
| 7 | - 0.4 | 6.0 | - 0.4 | 1.7 | - 1.0 | 6.1 | - 2.0 | 2.4 | - 2.6 | - 0.7 | 19.7 | 19.0 | 19.5 | 19.4 |
| 8 | - 3.0 | 0.9 | - 1.9 | - 1.3 | - 3.9 | 1.4 | - 4.2 | - 1.8 | - 4.0 | - 3.3 | 20.3 | 20.3 | 22.2 | 20 9 |
| 9 | - 6.2 | - 3.2 | - 2.3 | - 3.9 | - 6.6 | - 0.6 | - 7.6 | - 5.0 | - 3.6 | - 5.4 | 22.5 | 20.4 | 17.2 | 20.0 |
| 10 | 4.0 | 1.3 | 0.5 | 1.9 | - 3.0 | 4.0 | 1.7 | 1.1 | 0.5 | 1.1 | 10.5 | 07.8 | 05.9 | 08.1 |
| 11 | 0.0 | 2.1 | 1.3 | 1.1 | - 0.6 | 3.5 | - 0.2 | 1.6 | 0.0 | 0.5 | 05.1 | 05.6 | 05.6 | 05.4 |
| 12 | - 1.7 | - 0.9 | - 0.6 | - 1.1 | - 2.3 | - 0.3 | - 2.5 | - 1.9 | - 1.5 | - 2.0 | 03.4 | 06.0 | 09.7 | 06.4 |
| 13 | - 0.7 | 0.2 | - 1.0 | - 0.5 | - 1.6 | 1.5 | - 2.0 | - 1.8 | - 3.0 | - 2.3 | 13.0 | 16.2 | 19.6 | 16.3 |
| 14 | - 7.6 | - 1.8 | - 3.7 | - 4.4 | - 7.9 | - 0.8 | - 9.2 | - 3.6 | - 5.9 | - 6.2 | 21.7 | 21.6 | 21.9 | 21.7 |
| 15 | - 9.9 | - 2.6 | - 2.8 | - 5.1 | - 10.4 | - 2.0 | - 9.9 | - 3.8 | - 3.4 | - 5.7 | 21.2 | 20.0 | 18.4 | 19.9 |
| 16 | - 0.5 | 1.4 | - 0.9 | 0.0 | - 4.0 | 3.5 | - 2.0 | - 0.3 | - 2.7 | - 1.7 | 15.7 | 16.6 | 18.1 | 16.8 |
| 17 | - 1.3 | 1.2 | - 2.9 | - 1.0 | - 3.5 | 2.4 | - 1.8 | - 0.7 | - 4.0 | - 2.2 | 18.2 | 19.1 | 18.9 | 18.7 |
| 18 | - 6.3 | 1.3 | - 1.7 | - 2.2 | - 8.1 | 1.7 | - 6.4 | - 1.0 | - 3.8 | - 3.7 | 18.0 | 17.1 | 17.3 | 17.5 |
| 19 | - 8.5 | - 1.6 | - 3.7 | - 4.6 | - 9.2 | - 0.4 | - 8.5 | - 3.0 | - 4.4 | - 5.3 | 19.4 | 21.1 | 23.0 | 21.2 |
| 20 | - 8.7 | 1.8 | 1.9 | - 1.7 | - 9.2 | 3.7 | - 8.8 | - 0.4 | - 0.4 | - 3.2 | 25.8 | 25.7 | 25.6 | 25.7 |
| 21 | - 0.8 | 3.8 | 0.7 | 1.2 | - 1.4 | 4.5 | - 2.3 | 1.0 | - 1.6 | - 1.0 | 25.3 | 25.0 | 25.2 | 25.2 |
| 22 | - 2.4 | 3.1 | - 1.0 | - 0.1 | - 3.3 | 4.0 | - 3.4 | 0.9 | - 2.2 | - 1.6 | 24.0 | 23.1 | 22.8 | 23.3 |
| 23 | - 3.8 | 1.0 | - 5.0 | - 2.6 | - 5.5 | 1.6 | - 4.8 | - 2.0 | - 5.6 | - 4.1 | 21.1 | 20.0 | 19.2 | 20.1 |
| 24 | - 8.8 | - 4.5 | - 7.5 | - 6.9 | - 9.3 | - 3.6 | - 10.0 | - 6.2 | - 9.6 | - 8.6 | 17.0 | 16.6 | 17.1 | 16.9 |
| 25 | - 10.2 | - 6.4 | - 6.6 | - 7.7 | - 10.6 | - 4.6 | - 11.3 | - 8.0 | - 7.2 | - 8.8 | 17.3 | 16.8 | 16.8 | 17.0 |
| 26 | - 7.1 | - 4.6 | - 5.8 | - 5.8 | - 7.6 | - 3.5 | - 7.8 | - 5.6 | - 6.6 | - 6.7 | 15.9 | 16.3 | 18.3 | 16 8 |
| 27 | - 11.0 | - 1.7 | - 5.4 | - 6.0 | - 11.5 | 0.0 | - 11.3 | - 3.0 | - 6.6 | - 7 0 | 18.7 | 17.8 | 15.4 | 17.3 |
| 28 | - 8.5 | - 0.7 | - 4.4 | - 4.5 | - 9.2 | 0.9 | - 8.6 | - 2.4 | - 5.3 | - 5.4 | 13.1 | 11.6 | 12.5 | 12.4 |
| Moy. | - 3 56 | 0.59 | - 1.40 | - 1.46 | - 4.80 | 1.82 | - 4.54 | - 1.31 | - 2.81 | - 2.89 | 718.19 | 717.95 | 718.30 | 718.15 |

Moy. $^1/_4$ . (7 + 1 + 2 × 9): - 1.44

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages; 10 = tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 87 | 94 | 68 | 83 | SW 2 | SW 3 | NW 3 | 10 | 10 | 7 | 9 | . | 8.1 |
| 2 | 64 | 62 | 69 | 65 | NW 1 | SW 1 | SW 1 | 2 | 9 | 10 | 7 | 4.4 | . |
| 3 | 67 | 50 | 81 | 66 | SW 2 | W 2 | W 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.6 |
| 4 | 83 | 76 | 89 | 83 | W 2 | W 2 | W 1 | 9 | 8 | 10 | 9 | 0.2s | 2.3 |
| 5 | 86 | 68 | 78 | 77 | W 1 | W 2 | W 2 | 10 | 6 | 8 | 8 | 3.5 | 1.9 |
| 6 | 67 | 43 | 60 | 57 | NW 1 | NW 2 | N 2 | 7 | 5 | 10 | 7 | 5.0s | . |
| 7 | 71 | 49 | 60 | 60 | NE 1 | E 1 | NE 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 6.4s | . |
| 8 | 75 | 54 | 59 | 63 | E 3 | NE 3 | NE 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8.5 | . |
| 9 | 65 | 63 | 74 | 67 | NE 1 | S 1 | N 1 | 10 | 7 | 0 | 6 | 3.3 | . |
| 10 | 64 | 96 | 100 | 87 | SW 3 | SW 2 | W 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 27.8 |
| 11 | 97 | 92 | 77 | 89 | NW 0 | E 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.6 |
| 12 | 84 | 81 | 83 | 83 | NE 2 | NE 2 | NE 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 13 | 76 | 65 | 62 | 68 | NE 2 | NE 3 | NE 3 | 10 | 5 | 8 | 8 | 4.2 | . |
| 14 | 57 | 65 | 53 | 58 | NE 2 | E 3 | NE 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.0 | . |
| 15 | 100 | 75 | 87 | 87 | NE 1 | SE 1 | N 1 | 10 | 8 | 10 | 9 | 1.2s | 0.4 |
| 16 | 73 | 72 | 67 | 71 | NW 1 | NE 1 | N 2 | 10 | 8 | 2 | 7 | 2.0 | 0.5 |
| 17 | 90 | 68 | 77 | 78 | W 1 | W 1 | N 1 | 10 | 10 | 0 | 7 | 2.7 | 0.7 |
| 18 | 97 | 62 | 59 | 73 | E 1 | E 2 | NE 3 | 7 | 0 | 0 | 2 | 5.5 | . |
| 19 | 100 | 73 | 85 | 86 | NE 1 | E 1 | NE 1 | 10 | 0 | 0 | 3 | 7.2 | . |
| 20 | 97 | 64 | 63 | 75 | NE 1 | NE 2 | NE 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 6.5s | . |
| 21 | 72 | 55 | 60 | 62 | NE 3 | NE 2 | NE 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 9.4s | . |
| 22 | 79 | 64 | 78 | 74 | NE 1 | NE 2 | NE 1 | 3 | 0 | 3 | 2 | 9.2 | . |
| 23 | 78 | 50 | 86 | 71 | NE 2 | NE 2 | NE 2 | 2 | 1 | 5 | 3 | 7.9 | 1.0 |
| 24 | 65 | 62 | 44 | 57 | NE 2 | NE 3 | NE 3 | 8 | 6 | 10 | 8 | 5.3 | . |
| 25 | 65 | 60 | 85 | 70 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 8 | 10 | 10 | 9 | . | . |
| 26 | 82 | 77 | 80 | 80 | NE 1 | SE 1 | N 0 | 10 | 10 | 7 | 9 | . | 0.4 |
| 27 | 90 | 74 | 67 | 77 | NE 1 | SW 1 | NE 1 | 5 | 3 | 0 | 3 | 6.4s | . |
| 28 | 97 | 69 | 80 | 82 | NE 1 | SW 1 | N 1 | 7 | 7 | 2 | 5 | 4.0 | . |
| Moy. | 79.6 | 67.2 | 72.5 | 73.2 | | | | 7.0 | 5.6 | 5.1 | 5.9 | 112.1s Somme | 44.3 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — FÉVRIER 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1, 2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | o | o | o | o | o | | o | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | - 3.6 | 0.6 | - 1.4 | - 1.4 | - 11.5 | 27 | 8.4 | 5 | 718.1 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | - 7.0 | - 3.5 | - 6.0 | - 5.6 | - 15.6 | 25 | 1.2 | 9 | 664.1 |
| Cernier. . . . . | 800 | - 5.6 | - 1.0 | - 3.9 | - 3.6 | - 15.2 | 25 | 3.5 | 21 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | - 7.1 | - 2.4 | - 6.1 | - 5.4 | - 16.5 | 25 | 2.7 | 4 | 675.6 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | - 8.4 | - 3.2 | - 6.6 | - 6.2 | - 24.6 | 28 | 2.2 | 4 | 668.3 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 80 | 67 | 72 | 73 | 7.0 | 5.6 | 5.1 | 5.9 | 112.1 | 44 |
| Chaumont . . . . . | 90 | 80 | 88 | 86 | 5.6 | 6.0 | 5.6 | 5.7 | — | 55 |
| Cernier. . . . . | - | - | - | - | 5.8 | 5.6 | 6.1 | 5.8 | — | 66 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 88 | 71 | 87 | 82 | 4.8 | 4.5 | 4.0 | 4.4 | 105.7 | 95 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 4.7 | 4.5 | 3.2 | 4.1 | — | 76 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 7 | 40 | 7 | 2 | 1 | 9 | 11 | 5 | 2 |
| Chaumont . . . . . | 2 | 30 | 8 | 3 | 0 | 1 | 20 | 3 | 17 |
| Cernier. . . . . | 0 | 4 | 11 | 0 | 1 | 4 | 12 | 5 | 47 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 2 | 20 | 4 | 4 | 16 | 26 | 0 | 0 | 21 |
| La Brévine . . . . . | 5 | 0 | 1 | 4 | 0 | 4 | 18 | 3 | 58 |

# REMARQUES

## MARS 1909

Le 1er, le lac est gelé sur une grande étendue à l'Est le matin; brouillard sur le sol de 8 h. à 9 h. 3/4 m.
3, fort vent d'Ouest de 3 h. à 7 h. et neige fine intermittente à partir de 3 h.; environ 6 cm. de neige fraîche à 9 h. s.
4, neige pendant la nuit et de 2 h. à 5 h. s.; environ 8 cm. à 7 h. m.
5, neige pendant la nuit; soleil perce après 8 h. 1/2.
8, neige fine intermittente jusqu'à 1 h. 1/2 de l'après-midi.
9, faibles brises SW et NW sur le lac à 7 h. m.
11, Alpes fribourgeoises visibles vers le soir.
12, pluie fine intermittente tout le jour; brumeux à 1 h.
13, neige fine pendant la nuit et flocons fins par moments le jour.
14, neige fine pendant la nuit et tourbillons de neige intermittente de 3 h. à 5 h. s.
15, neige intermittente jusqu'à 4 h. s.; environ 5 cm. de neige tombée pendant la nuit et 8 cm. jusqu'à 1 h.
16, soleil visible dans la matinée; flocons de neige par moments pendant l'après-midi.
17, neige fine intermittente depuis 6 h. m. jusqu'à 4 h. 1/4 s.; brumeux à 1 h.; soleil visible vers le coucher.
19, neige mêlée de pluie depuis 8 h. m. jusqu'à 3 h. 1/2 s.; soleil visible un instant.
20, brouillard épais sur le sol le matin et en bas Chaumont et sur le lac à 4 h. 1/2; pluie fine intermittente à partir de 4 h. s.
21, pluie faible pendant la nuit; toutes les Alpes visibles.
22, pluie intermittente depuis 6 h. 3/4 m. à 1 h. 1/2; soleil visible par moments.
23, pluie fine intermittente jusqu'à 2 h. de l'après-midi et à partir de 8 h. s.; brouillard sur le sol de 7 h. à 8 h. m.; soleil visible par moments.
24, pluie faible dans la nuit; soleil visible par moments; le ciel s'éclaircit pour un moment dans la soirée.
25, pluie fine intermittente tout le jour.
26, pluie fine intermittente tout le jour.
27, pluie fine pendant la nuit; vent S et brise SW sur le lac à 7 h. 1/2 m.; assez fort joran depuis 10 h. 1/2 m. à 6 h. s.; le ciel s'éclaircit vers le s.
28, Gelée blanche le matin.
29, Quelques gouttes de pluie entre 2 h. et 3 h. et 7 h. et 8 h. du s.; toutes les Alpes visibles pendant l'après-midi; soleil visible un moment au coucher.
30, pluie fine intermittente depuis 10 h. m. jusqu'à 4 h. 1/2 s.; toutes les Alpes visibles; soleil par petits instants vers le soir.
31, Gelée blanche le matin; toutes les Alpes visibles à 1 h.; le ciel se couvre pendant l'après-midi et pluie fine intermittente à partir de 5 h. s.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | - 9.0 | 0.4 | - 1.3 | - 3.3 | - 9.6 | 3.7 | - 9.0 | - 0.6 | - 2.6 | - 4.1 | 10.9 | 07.8 | 02.4 | 07.0 |
| 2 | - 3.1 | 1.7 | - 2.4 | - 1.3 | - 3.9 | 2.5 | - 4.0 | - 1.0 | - 4.0 | - 3.0 | 699.5 | 00.0 | 04.0 | 01.2 |
| 3 | - 6.8 | - 0.2 | - 1.2 | - 2.7 | - 7.3 | 0.8 | - 7.4 | - 2.0 | - 1.6 | - 3.7 | 704.6 | 02.1 | 03.7 | 03.5 |
| 4 | - 2.2 | 2.8 | 0.5 | 0.4 | - 3.0 | 3.2 | - 4.0 | 0.4 | - 0.3 | - 1.3 | 04.1 | 03.4 | 05.3 | 04.3 |
| 5 | - 2.0 | 3.1 | - 4.4 | - 1.1 | - 4.9 | 3.2 | - 3.2 | - 0.3 | - 5.8 | - 3.1 | 08.0 | 10.5 | 12.7 | 10.4 |
| 6 | - 8.8 | 0.3 | - 3.6 | - 4.0 | - 10.2 | 1.7 | - 9.0 | - 2.0 | - 5.1 | - 5.4 | 12.4 | 10.3 | 06.8 | 09.8 |
| 7 | - 1.2 | 3.5 | 1.8 | 1.4 | - 4.7 | 5.1 | - 2.2 | 2.0 | 0.7 | 0.2 | 05.2 | 04.6 | 04.2 | 04.7 |
| 8 | 0.6 | 1.4 | 0.7 | 0.9 | - 0.3 | 1.5 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 04.4 | 07.7 | 09.2 | 07.1 |
| 9 | 0.1 | 6.5 | - 0.2 | 2.1 | - 0.6 | 6.8 | - 0.2 | 4.0 | - 1.2 | 0.9 | 10.7 | 09.8 | 09.8 | 10.1 |
| 10 | - 1.8 | 1.8 | 2.5 | 0.8 | - 3.1 | 3.7 | - 1.9 | 0.7 | 1.2 | 0.0 | 08.2 | 07.4 | 08.3 | 08.0 |
| 11 | 1.2 | 7.1 | 3.0 | 3.8 | 0.2 | 7.2 | 0.6 | 4.5 | 2.1 | 2.4 | 07.8 | 09.1 | 10.9 | 09.3 |
| 12 | 1.4 | 2.5 | 1.9 | 1.9 | 0.8 | 3.7 | 1.3 | 2.1 | 1.6 | 1.7 | 11.9 | 12.5 | 12.2 | 12.2 |
| 13 | 0.6 | 1.0 | - 0.4 | 0.4 | - 1.0 | 1.6 | - 1.0 | - 1.0 | - 2.0 | - 1.3 | 09.6 | 09.5 | 08.6 | 09.2 |
| 14 | - 2.7 | 3.2 | - 0.4 | 0.0 | - 3.5 | 4.3 | - 4.4 | 0.5 | - 1.8 | - 1.9 | 05.8 | 03.1 | 699.3 | 02.7 |
| 15 | - 1.3 | - 0.8 | - 2.1 | - 1.4 | - 3.3 | 0.9 | - 3.2 | - 2.4 | - 3.2 | - 2.9 | 698.4 | 00.5 | 703.3 | 00.7 |
| 16 | - 2.8 | 1.2 | - 1.2 | - 0.9 | - 3.9 | 3.0 | - 4.2 | - 1.0 | - 3.0 | - 2.7 | 703.8 | 05.3 | 09.2 | 06.1 |
| 17 | - 4.2 | - 0.3 | - 1.7 | - 2.4 | - 5.0 | 1.8 | - 4.4 | - 0.9 | - 2.7 | - 2.7 | 10.5 | 11.9 | 13.6 | 12.0 |
| 18 | - 4.5 | 3.1 | 1.5 | 0.0 | - 7.0 | 4.2 | - 4.5 | 1.1 | - 0.6 | - 1.3 | 12.9 | 11.3 | 09.0 | 11.1 |
| 19 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.6 | - 0.2 | 3.0 | 0.1 | 1.5 | 1.7 | 1.1 | 08.7 | 10.1 | 11.2 | 10.0 |
| 20 | 0.0 | 2.2 | 3.4 | 1.9 | - 0.7 | 4.0 | 0.0 | 1.8 | 3.0 | 1.6 | 11.1 | 10.8 | 13.1 | 11.7 |
| 21 | 4.6 | 10.4 | 6.5 | 7.2 | 2.3 | 11.3 | 2.5 | 6.8 | 4.4 | 4.6 | 15.9 | 15.1 | 15.4 | 15.5 |
| 22 | 5.4 | 8.6 | 6.1 | 6.7 | 3.7 | 10.7 | 4.5 | 7.2 | 4.7 | 5.5 | 14.2 | 13.7 | 11.9 | 13.3 |
| 23 | 3.5 | 6.5 | 5.5 | 5.2 | 2.7 | 10.0 | 3.5 | 5.8 | 4.8 | 4.7 | 10.0 | 10.3 | 13.5 | 11.3 |
| 24 | 4.2 | 8.4 | 6.4 | 6.3 | 3.2 | 9.7 | 3.9 | 6.5 | 4.3 | 4.9 | 17.1 | 17.8 | 16.8 | 17.2 |
| 25 | 5.5 | 5.5 | 5.6 | 5.5 | 4.4 | 6.9 | 4.2 | 5.0 | 5.1 | 4.8 | 10.7 | 08.1 | 03.9 | 07.6 |
| 26 | 2.4 | 4.5 | 2.3 | 3.1 | 1.5 | 5.1 | 2.2 | 2.5 | 1.8 | 2.2 | 03.7 | 06.1 | 09.0 | 06.3 |
| 27 | 2.5 | 6.2 | 0.3 | 3.0 | - 0.2 | 7.7 | 0.9 | 2.4 | - 0.9 | 0.8 | 13.4 | 15.1 | 16.4 | 15.0 |
| 28 | - 0.3 | 8.6 | 4.3 | 4.2 | - 2.5 | 10.0 | - 0.9 | 5.0 | 2.8 | 2.3 | 16.0 | 13.7 | 11.1 | 13.6 |
| 29 | 2.6 | 9.7 | 10.1 | 7.5 | 0.6 | 11.0 | 2.0 | 6 0 | 6.6 | 4.9 | 08.8 | 07.1 | 06.4 | 07.4 |
| 30 | 5.7 | 6.7 | 4.6 | 5.7 | 4.0 | 9.5 | 4.8 | 4.7 | 4.1 | 4.5 | 07.8 | 11.0 | 14.2 | 11.0 |
| 31 | 1.6 | 12.1 | 7.8 | 7.2 | - 0.3 | 13.0 | 1.4 | 7.8 | 7.2 | 5.5 | 16.2 | 15.1 | 16.0 | 15.8 |
| Moy. | - 0.24 | 4.17 | 1.86 | 1.93 | - 1.67 | 5.48 | - 1.01 | 2.17 | 0.67 | 0.62 | 709.11 | 709.06 | 709.40 | 709.20 |

Moy. $^1/_4$. (7 + 1 + 2 × 9) : 1.91

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages ; 10 = tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 100 | 82 | 75 | 86 | N 1 | E 1 | NE 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 6.2 | . |
| 2 | 81 | 57 | 69 | 69 | NW 1 | SW 2 | W 2 | 7 | 10 | 10 | 9 | 1.1$_5$ | . |
| 3 | 85 | 68 | 93 | 82 | NW 1 | SE 0 | NW 1 | 3 | 10 | 7 | 7 | 4.6 | 5.2 |
| 4 | 65 | 61 | 86 | 71 | NW 1 | SW 2 | W 1 | 3 | 10 | 10 | 8 | 2.6$_5$ | 4.0 |
| 5 | 76 | 50 | 69 | 65 | NW 2 | SW 2 | E 0 | 10 | 4 | 0 | 5 | 7.0 | . |
| 6 | 94 | 60 | 68 | 74 | NE 1 | E 1 | NE 1 | 4 | 1 | 6 | 4 | 6.2$_5$ | . |
| 7 | 81 | 76 | 81 | 79 | W 1 | NE 1 | W 0 | 10 | 8 | 10 | 9 | . | 0.2 |
| 8 | 93 | 77 | 87 | 86 | SW 3 | SW 2 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.5 |
| 9 | 95 | 65 | 82 | 81 | SE 0 | S 1 | NW 1 | 10 | 3 | 5 | 5 | 7.1$_5$ | . |
| 10 | 98 | 81 | 78 | 86 | NE 1 | SW 1 | NW 1 | 8 | 10 | 10 | 9 | . | . |
| 11 | 89 | 65 | 85 | 80 | E 0 | SW 1 | W 1 | 10 | 8 | 7 | 8 | . | 1.5 |
| 12 | 98 | 93 | 95 | 95 | NW 1 | SW 1 | W 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 8.9 |
| 13 | 72 | 66 | 72 | 70 | W 2 | SW 2 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 1.0 |
| 14 | 66 | 57 | 74 | 66 | SW 1 | SW 1 | NW 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 6.8$_5$ | 3.6 |
| 15 | 65 | 81 | 78 | 75 | W 2 | W 2 | W 2 | 8 | 9 | 9 | 9 | . | 2.1 |
| 16 | 71 | 64 | 67 | 67 | NW 1 | SW 3 | W 2 | 6 | 8 | 5 | 6 | 3.2 | 0.6 |
| 17 | 95 | 89 | 80 | 88 | E 1 | NE 1 | NW 1 | 10 | 10 | 1 | 7 | . | 3.1 |
| 18 | 100 | 68 | 66 | 78 | NE 0 | SW 1 | NW 0 | 9 | 5 | 10 | 8 | 3.4 | . |
| 19 | 75 | 98 | 98 | 90 | SE 1 | SW 1 | NW 0 | 9 | 10 | 10 | 10 | . | 6.3 |
| 20 | 100 | 93 | 93 | 95 | E 1 | SE 1 | W 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 1.9 |
| 21 | 68 | 57 | 70 | 65 | W 2 | SW 1 | NW 1 | 1 | 2 | 9 | 4 | 7.7 | 0.3 |
| 22 | 86 | 81 | 80 | 82 | SW 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 9 | 9 | 9 | 2.2$_5$ | 5.2 |
| 23 | 100 | 90 | 90 | 93 | NE 0 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1.2$_5$ | 7.7 |
| 24 | 95 | 75 | 70 | 80 | SW 1 | SW 1 | NW 1 | 9 | 8 | 9 | 9 | 0.9$_5$ | 0.2 |
| 25 | 80 | 93 | 93 | 89 | W 2 | SW 3 | W 2 | 8 | 10 | 10 | 9 | . | 16.1 |
| 26 | 96 | 69 | 91 | 85 | SW 2 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 1.5 |
| 27 | 73 | 47 | 79 | 66 | N 1 | N 2 | N 1 | 10 | 8 | 0 | 6 | 3.6 | . |
| 28 | 89 | 53 | 76 | 73 | NE 1 | SW 1 | N 0 | 8 | 2 | 3 | 4 | 7.2$_5$ | . |
| 29 | 89 | 55 | 58 | 67 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 9 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 30 | 87 | 71 | 92 | 83 | SW 0 | SW 2 | N 1 | 10 | 10 | 7 | 9 | 0.3 | 0.8 |
| 31 | 96 | 52 | 92 | 80 | NW 0 | SW 1 | W 2 | 5 | 8 | 10 | 8 | 4.6 | 1.5 |
| Moy. | 85.7 | 70.8 | 80.2 | 78.9 | | | | 8.0 | 7.6 | 7.5 | 7.7 | 76.3$_5$ Somme | 72.2 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — MARS 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1,2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | ° | ° | ° | ° | ° | | ° | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 488 | - 0.2 | 4.2 | 1.9 | 1.9 | - 10.2 | 6 | 13.0 | 31 | 709.2 |
| Chaumont | 1127 | - 3.3 | - 0.1 | - 2.2 | - 2.0 | - 10.0 | 3 | 8.4 | 29 | 656.7 |
| Cernier | 800 | - 1.7 | 2.6 | - 0.8 | - 0.2 | - 11.0 | 1 3 | 9.5 | 30 | — |
| La Chaux-de-Fonds | 986 | - 2.2 | 2.1 | - 1.4 | - 0.7 | - 15.4 | 3 | 10.7 | 20 | 667.8 |
| La Brévine | 1077 | - 3.9 | 0.5 | - 2.0 | - 1.9 | - 21.6 | 1 2 | 8.1 | 29 | 661.2 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 86 | 71 | 80 | 79 | 8.0 | 7.6 | 7.5 | 7.7 | 76.35 | 72 |
| Chaumont | 87 | 75 | 87 | 83 | 7.4 | 8.1 | 7.8 | 7.8 | — | 79 |
| Cernier | - | - | - | - | 7.7 | 7.0 | 7.8 | 7.5 | — | 83 |
| La Chaux-de-Fonds | 86 | 70 | 86 | 81 | 7.5 | 7.9 | 7.6 | 7.7 | 73.5 | 119 |
| La Brévine | - | - | - | - | 7.4 | 7.6 | 5.7 | 6.9 | — | 113 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) | 6 | 9 | 4 | 2 | 1 | 26 | 15 | 18 | 12 |
| Chaumont | 1 | 2 | 5 | 1 | 2 | 18 | 39 | 2 | 23 |
| Cernier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 17 | 2 | 69 |
| La Chaux-de-Fonds | 0 | 4 | 0 | 0 | 24 | 58 | 1 | 0 | 6 |
| La Brévine | 0 | 0 | 0 | 5 | 18 | 6 | 13 | 8 | 43 |

# REMARQUES

## AVRIL 1909

Le 1er, pluie fine intermittente jusqu'à 9 h. m.
2, pluie pendant la nuit.
4, toutes les Alpes visibles l'après-midi.
5, les Alpes visibles l'après-midi.
9, brise SW sur le lac vers 11 h.; toutes les Alpes visibles l'après-midi.
10, assez forts coups de joran de 6 h. à 7 h. s.
12, quelques gouttes de pluie à 9 h. 1/4 m. et vers 1 h.; forts coups de vent NW à partir de 9 h. 1/4 m.
13, pluie fine intermittente tout le jour; *amandier* en fleurs à la *Maladière*.
14, pluie pendant la nuit; toutes les Alpes visibles vers le soir.
15, toutes les Alpes visibles le matin; nuages orageux au Nord à 1 h.
16, les Alpes visibles vers le soir.
17, toutes les Alpes visibles le soir.
18, éclairs au SW à partir de minuit et orage à 3 h. 1/2 m. avec pluie; coups de tonnerre au Nord depuis 12 h. à 12 h. 1/2; le temps reste orageux surtout au SW pendant l'après-midi, avec pluie d'orage intermittente à partir de 12 h. 1/2; forts coups de vent NW par moments pendant l'après-midi.
19, brouillard sur le lac le matin; les Alpes visibles l'après-midi.
20, pluie intermittente jusqu'à 9 h. m.; le ciel s'éclaircit vers 12 h. 1/2; très fort joran le soir.
21, toutes les Alpes visibles; assez fort joran le soir.
22, cirri NW l'après-midi; toutes les Alpes visibles l'après-midi.
23, toutes les Alpes visibles l'après-midi; le ciel s'éclaircit dans la soirée.
25, gouttes de pluie fine par moments dans la matinée et pluie fine intermittente à partir de 2 h.; soleil visible un moment entre midi et 1 h.
26, pluie intermittente tout le jour; soleil visible par moments le matin; brumeux à 1 h.
27, faible pluie pendant la nuit et pluie à partir de 5 h. 1/2 s.; brouillard épais sur le sol pour un moment après 6 h. 1/2 m.; fort joran l'après-midi.
28, forte pluie pendant la nuit et fine intermittente jusqu'à 11 h. m.; soleil visible pendant l'après-midi; les Alpes visibles vers le soir.
29, toutes les Alpes visibles le matin; assez fort vent d'Ouest l'après-midi et du joran un moment dans la soirée.
30, pluie fine intermittente jusqu'à 6 h. 3/4 m. et de nouveau à partir de 10 h. 3/4 m.; quelques flocons de neige vers 6 h. 1/2 m.; soleil visible par moments.

## NEUCHATEL (OBSERVATOIRE) AVRIL 1909

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 7.4 | 10.0 | 7.0 | 8.1 | 5.8 | 12.0 | 7.1 | 6.6 | 4.8 | 6.2 | 15.9 | 16.4 | 18.7 | 17.0 |
| 2 | 4.3 | 3.2 | 2.8 | 3.4 | 2.2 | 5.9 | 3.6 | 1.4 | - 1.2 | 1.3 | 18.7 | 21.1 | 23.3 | 21.0 |
| 3 | - 0.5 | 4.3 | - 0.7 | 1.0 | - 1.6 | 5.1 | - 2.0 | 0.2 | - 3.0 | - 1.6 | 23.8 | 23.6 | 24.5 | 24.0 |
| 4 | - 1.4 | 1.8 | 1.5 | 0.6 | - 2.6 | 4.5 | - 3.6 | - 0.6 | - 1.4 | - 1.9 | 21.6 | 20.8 | 19.9 | 20.8 |
| 5 | 0.1 | 8.7 | 7.3 | 5.4 | - 1.4 | 10.5 | - 2.0 | 5.0 | 3.7 | 2.2 | 21.2 | 20.4 | 19.8 | 20.5 |
| 6 | 2.8 | 12.3 | 8.9 | 8.0 | 0.4 | 13.3 | 0.0 | 7.4 | 4.8 | 4.1 | 21.4 | 21.3 | 22.3 | 21.7 |
| 7 | 4.3 | 14.8 | 10.9 | 10.0 | 2.0 | 16.0 | 2.4 | 7.0 | 5.3 | 4.9 | 23.8 | 22.5 | 22.7 | 23.0 |
| 8 | 5.3 | 16.8 | 13.6 | 11.9 | 2.3 | 18.3 | 2.8 | 10.5 | 7.3 | 6.9 | 23.7 | 22.8 | 21.8 | 22.8 |
| 9 | 6.6 | 18.6 | 10.5 | 11.9 | 3.7 | 20.4 | 4.7 | 10.8 | 6.2 | 7.2 | 21.5 | 19.9 | 18.7 | 20.0 |
| 10 | 5.7 | 19.9 | 10.4 | 12.0 | 3.2 | 20.7 | 4.9 | 11.1 | 5.9 | 7.3 | 18.1 | 16.6 | 16.3 | 17.0 |
| 11 | 5.3 | 17.8 | 13.1 | 12.1 | 2.9 | 20.0 | 3.7 | 10.4 | 6.1 | 6.7 | 15.8 | 13.9 | 13.0 | 14.2 |
| 12 | 5.1 | 9.9 | 9.3 | 8.1 | 2.7 | 13.2 | 3.4 | 7.7 | 5.0 | 5.4 | 12 0 | 12.4 | 14.8 | 13.1 |
| 13 | 5.1 | 8.2 | 6.6 | 6.6 | 4.5 | 9.0 | 4.3 | 6.5 | 6.3 | 5.7 | 12.7 | 13.4 | 14.2 | 13.4 |
| 14 | 8.6 | 15.1 | 11.8 | 11.8 | 6.1 | 18.0 | 6.2 | 9.0 | 6.5 | 7.2 | 14.3 | 13.6 | 15.0 | 14.3 |
| 15 | 8.6 | 19.4 | 12.8 | 13.6 | 6.5 | 21.1 | 5.9 | 12.6 | 8.9 | 9.1 | 15.9 | 16.0 | 16.9 | 16.3 |
| 16 | 7.6 | 16.8 | 11.2 | 11.9 | 5.5 | 17.2 | 5.3 | 11.6 | 7.8 | 8.2 | 18.1 | 17.5 | 17.7 | 17.8 |
| 17 | 6.4 | 21.3 | 13.5 | 13.7 | 5.3 | 22.9 | 5.8 | 13.8 | 10.3 | 10.0 | 19.4 | 18.0 | 16.9 | 18.1 |
| 18 | 9.6 | 16.5 | 11.3 | 12.5 | 8.3 | 20.1 | 8.8 | 12.0 | 10.9 | 10.6 | 17.3 | 16.2 | 16.8 | 16.8 |
| 19 | 9.3 | 19.7 | 13.4 | 14.1 | 7.5 | 21.3 | 8.8 | 14.4 | 10.7 | 11.3 | 15.7 | 14.7 | 13.5 | 14.6 |
| 20 | 10.9 | 16.0 | 11.7 | 12.9 | 10.1 | 17.3 | 9.8 | 10.3 | 7.6 | 9.2 | 17.3 | 19.4 | 20.7 | 19.1 |
| 21 | 6.9 | 17.6 | 14.3 | 12.9 | 3.6 | 18.6 | 5.2 | 11.3 | 8.4 | 8.3 | 18.3 | 15.2 | 13.3 | 15.6 |
| 22 | 8.2 | 17.1 | 14.0 | 13.1 | 5.7 | 19.5 | 6.7 | 11.0 | 10.5 | 9.4 | 14.6 | 14.1 | 18.5 | 15.7 |
| 23 | 12.2 | 17.5 | 12.9 | 14.2 | 10.0 | 19.7 | 9.4 | 12.2 | 10.0 | 10.5 | 20.6 | 20.2 | 19.8 | 20.2 |
| 24 | 9.3 | 20.2 | 15.8 | 15.1 | 6.6 | 22.9 | 8.5 | 14.0 | 11.8 | 11.4 | 19.9 | 17.4 | 14.6 | 17.3 |
| 25 | 13.8 | 15.9 | 10.9 | 13.5 | 10.2 | 17.7 | 9.4 | 11.8 | 10.1 | 10.4 | 18.2 | 18.9 | 18.7 | 18.6 |
| 26 | 9.8 | 11.5 | 11.8 | 11.0 | 8.3 | 13.2 | 9.4 | 11.2 | 11.4 | 10.7 | 17.7 | 17.3 | 15.9 | 17.0 |
| 27 | 11.2 | 13.2 | 6.6 | 10.3 | 6.2 | 17.5 | 11.0 | 10.5 | 6.1 | 9.2 | 16.1 | 15.6 | 19.9 | 17.2 |
| 28 | 5.2 | 11.5 | 8.3 | 8.3 | 4.1 | 13.7 | 4.7 | 9.8 | 6.2 | 6.9 | 22.9 | 24.2 | 25.3 | 24.1 |
| 29 | 6.6 | 14.9 | 10.5 | 10.7 | 2.4 | 15.0 | 5.6 | 10.9 | 8.2 | 8.2 | 23.9 | 21.4 | 19.0 | 21.4 |
| 30 | 5.8 | 8.4 | 4.5 | 6.2 | 3.5 | 10.7 | 3.4 | 5.7 | 3.4 | 4.2 | 18.0 | 20.1 | 22.4 | 20.2 |
| Moy. | 6.67 | 13.96 | 9.88 | 10.16 | 4.47 | 15.84 | 5.11 | 9.22 | 6.62 | 6.97 | 718.61 | 718.16 | 718.50 | 718.43 |

Moy. $\frac{1}{4}$. (7 + 1 + 2 × 9): 10.10

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages; 10 = tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 96 | 58 | 69 | 74 | SW 2 | NW 3 | W 2 | 10 | 7 | 10 | 9 | 3.8$_5$ | 2.0 |
| 2 | 89 | 70 | 39 | 66 | NE 0 | NE 3 | NE 3 | 10 | 10 | 3 | 8 | 3.3 | . |
| 3 | 72 | 37 | 58 | 56 | NE 3 | NE 3 | NE 3 | 9 | 3 | 1 | 4 | 7.9 | . |
| 4 | 58 | 61 | 53 | 57 | NE 4 | NE 3 | NE 3 | 2 | 7 | 2 | 4 | 9.6 | . |
| 5 | 63 | 52 | 52 | 56 | NE 2 | E 1 | NE 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 10.3 | . |
| 6 | 53 | 46 | 48 | 49 | E 2 | NE 2 | NE 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.8 | . |
| 7 | 70 | 24 | 35 | 43 | NE 1 | NE 3 | NE 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.2 | . |
| 8 | 63 | 41 | 35 | 46 | E 1 | E 1 | NE 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.2$_5$ | . |
| 9 | 73 | 32 | 49 | 51 | NE 1 | E 1 | N 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.9 | . |
| 10 | 88 | 28 | 47 | 54 | SE 0 | SE 1 | N 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11.1$_5$ | . |
| 11 | 76 | 35 | 28 | 46 | NE 1 | SW 1 | N 1 | 5 | 0 | 0 | 2 | 11.3$_5$ | . |
| 12 | 74 | 73 | 47 | 65 | E 1 | NW 2 | NW 1 | 7 | 8 | 10 | 8 | 3.3$_5$ | 4.0 |
| 13 | 88 | 77 | 96 | 87 | SW 3 | SW 2 | SW 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 9.6 |
| 14 | 68 | 40 | 41 | 50 | W 2 | W 2 | NW 1 | 6 | 3 | 3 | 4 | 10.2$_5$ | . |
| 15 | 65 | 41 | 57 | 54 | NE 1 | SE 1 | NE 1 | 3 | 4 | 0 | 2 | 12.0 | . |
| 16 | 69 | 51 | 60 | 60 | NE 1 | SW 1 | N 1 | 6 | 8 | 3 | 6 | 6.6 | . |
| 17 | 91 | 39 | 65 | 65 | SE 1 | SW 1 | NE 0 | 5 | 3 | 0 | 3 | 9.2 | 2.0 |
| 18 | 89 | 57 | 95 | 80 | N 0 | NW 2 | N 0 | 9 | 10 | 8 | 9 | 4.6$_5$ | 7.1 |
| 19 | 94 | 54 | 71 | 73 | E 0 | SW 1 | N 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 10.3$_5$ | 0.9 |
| 20 | 86 | 45 | 53 | 61 | W 1 | NW 3 | N 3 | 10 | 4 | 0 | 5 | 6.4$_5$ | 1.4 |
| 21 | 76 | 43 | 41 | 53 | SW 1 | SW 1 | N 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 12.5 | . |
| 22 | 80 | 43 | 62 | 62 | SE 1 | SW 1 | NW 1 | 6 | 5 | 4 | 5 | 11.4$_5$ | . |
| 23 | 68 | 51 | 68 | 62 | SW 1 | SW 1 | N 1 | 9 | 9 | 0 | 6 | 3.5 | . |
| 24 | 89 | 47 | 60 | 65 | SW 1 | SE 1 | NW 1 | 6 | 6 | 7 | 6 | 8.8 | . |
| 25 | 54 | 59 | 90 | 68 | W 2 | SE 1 | NE 1 | 10 | 10 | 6 | 9 | 0.3 | 6.4 |
| 26 | 95 | 96 | 95 | 95 | NE 1 | W 0 | N 1 | 10 | 10 | 8 | 9 | 0.8 | 7.4 |
| 27 | 97 | 70 | 93 | 87 | NE 1 | N 2 | N 2 | 7 | 9 | 10 | 9 | 5.6 | 24.5 |
| 28 | 92 | 79 | 72 | 81 | SW 1 | SW 1 | SW 1 | 10 | 5 | 0 | 5 | 4.7$_5$ | 1.0 |
| 29 | 85 | 59 | 72 | 72 | SW 0 | SW 1 | NW 1 | 7 | 7 | 9 | 8 | 6.1 | 0.3 |
| 30 | 65 | 65 | 82 | 71 | SW 3 | SW 2 | NW 1 | 9 | 9 | 5 | 8 | 3.3$_5$ | 3.8 |
| Moy. | 77.5 | 52.4 | 61.1 | 63.6 | | | | 5.8 | 5.1 | 3.4 | 4.8 | 222.6 Somme | 70.4 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES - AVRIL 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4 (7,1, 2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m | o | o | o | o | o | | o | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | 6.7 | 14.0 | 9.9 | 10.1 | - 2.6 | 4 | 22.9 | 17 23 | 718.4 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | 4.7 | 9.4 | 5.6 | 6.3 | - 8.2 | 4 | 17.2 | 9 24 | 666.4 |
| Cernier . . . . . | 800 | 5.8 | 11.8 | 7.5 | 8.1 | - 3.4 | 4 | 19.7 | 24 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | 4.4 | 9.7 | 5.2 | 6.1 | - 6.1 | 4 | 19.5 | 24 | 677.6 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | 2.7 | 8.9 | 4.2 | 5.0 | - 6.6 | 4 | 18.4 | 24 | 670.4 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 77 | 52 | 61 | 64 | 5.8 | 5.1 | 3.4 | 4.8 | 222.6 | 70 |
| Chaumont . . . . . | 76 | 61 | 68 | 68 | 5.6 | 5.7 | 4.0 | 5.1 | — | 76 |
| Cernier . . . . . | - | - | - | - | 5.2 | 5.3 | 3.3 | 4.6 | — | 92 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 78 | 61 | 74 | 71 | 5.3 | 5.5 | 3.5 | 4.8 | 210.4 | 133 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 4.3 | 5.3 | 3.1 | 4.2 | — | 100 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 11 | 24 | 6 | 6 | 0 | 20 | 5 | 10 | 8 |
| Chaumont . . . . . | 4 | 13 | 5 | 7 | 1 | 5 | 23 | 10 | 22 |
| Cernier . . . . . | 1 | 9 | 6 | 3 | 0 | 12 | 11 | 5 | 43 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 0 | 23 | 9 | 5 | 7 | 38 | 2 | 2 | 4 |
| La Brévine . . . . . | 0 | 5 | 7 | 3 | 3 | 9 | 27 | 5 | 31 |

# REMARQUES

## MAI 1909

Le 1er, grésil vers midi et quelques flocons de neige vers 12 h. 1/2; neige fine intermittente mêlée de pluie à partir de 8 h. 1/4 s.
2, neige fine pendant la nuit et flocons par moments dans la matinée; fort joran l'après-midi.
3, toutes les Alpes visibles le matin.
5, brouillard sur Chaumont le matin.
9, faible brise SW sur le lac à 8 h.; coups de tonnerre au SW vers 2 h. et pluie fine intermittente depuis 1 h. 1/2 à 6 h. 1/2 s.
10, le ciel se couvre un moment dans la soirée.
11, brise SE sur le lac à 7 h.
13, brise SW sur le lac à 7 h.; quelques gouttes de pluie vers 2 h. 1/2, 5 h. 1/2 et 8 h. 3/4 s.; fort joran à partir de 6 h. s.
15, brouillard sur le lac à 7 h. et un moment sur le sol.
16, gouttes de pluie par moments à partir de 7 h. s.
17, pluie intermittente jusqu'à 6 h. s.; soleil visible par moments le matin.
21, coups de tonnerre éloignés au NW entre 2 h. 1/2 et 3 h. 1/2 et au S et SE depuis 7 h. 1/4 à 8 h. s.; gouttes de pluie par moments de 6 h. 1/4 à 7 h. 3/4 s.
22, nuages orageux au NW vers 10 h. m.; coups de tonnerre au Nord après 11 h.; gouttes de pluie fine par moments de 12 h. à 12 h. 3/4.
23, nuages orageux au NW et Nord à 10 h. m.; éclairs lointains au Sud à 9 h. s.
25, le ciel se couvre après 2 h. 1/2 et de 3 h. à 6 h.; le temps est orageux dans toutes les directions avec quelques gouttes de pluie vers le soir; forts coups de vent NW à partir de 4 h. 1/2 et surtout entre 6 h. et 7 h. s.
26, toutes les Alpes visibles après 6 h. m.; vent NE à partir de 6 h. s.; coups de tonnerre au NW après 8 h. 1/2; pluie fine intermittente dès 4 h.
27, pluie fine intermittente jusqu'à 12 h. et des gouttes par moments pendant l'après-midi; soleil visible l'après-midi; toutes les Alpes visibles le soir.
28, vent SW entre 8 h. et 8 h. 1/2; quelques gouttes de pluie vers 11 h. et 2 h.; soleil visible dans la matinée.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 5.6 | 9.1 | 2.2 | 5.6 | 1.4 | 10.2 | 3.1 | 5.4 | 0.8 | 3.1 | 21.8 | 20.3 | 19.9 | 20.7 |
| 2 | 2.6 | 5.7 | 3.1 | 3.8 | 0.0 | 7.1 | 0.8 | 2.6 | 1.4 | 1.6 | 24.3 | 24.4 | 26.2 | 25.0 |
| 3 | 3.7 | 9.2 | 5.8 | 6.2 | - 1.3 | 10.2 | 2.4 | 4.4 | 2.6 | 3.1 | 26.5 | 26.4 | 26.4 | 26.4 |
| 4 | 5.9 | 11.9 | 8.2 | 8.7 | 3.4 | 12.6 | 3.5 | 7.5 | 5.2 | 5.4 | 24.3 | 22.7 | 21.7 | 22.9 |
| 5 | 5.6 | 13.0 | 10.3 | 9.6 | 5.0 | 14.3 | 4.2 | 9.0 | 7.6 | 6.9 | 19.8 | 19.0 | 20.3 | 19.7 |
| 6 | 7.3 | 14.6 | 11.8 | 11.2 | 6.7 | 16.2 | 5.8 | 10.5 | 8.3 | 8.2 | 21.2 | 21.1 | 20.3 | 20.9 |
| 7 | 8.5 | 15.9 | 11.1 | 11.8 | 6.7 | 16.7 | 5.8 | 10.7 | 5.0 | 7.2 | 21.0 | 19.7 | 19.8 | 20.2 |
| 8 | 7.0 | 16.4 | 11.9 | 11.8 | 4.5 | 17.0 | 3.2 | 9.8 | 5.5 | 6.2 | 20.1 | 18.2 | 17.3 | 18.5 |
| 9 | 7.6 | 11.7 | 8.3 | 9.2 | 5.0 | 13.9 | 4.4 | 7.2 | 7.3 | 6.3 | 16.5 | 14.9 | 13.7 | 15.0 |
| 10 | 9.2 | 19.0 | 13.0 | 13.7 | 6.0 | 19.8 | 8.4 | 11.3 | 8.6 | 9.4 | 14.3 | 14.4 | 16.1 | 14.9 |
| 11 | 8.2 | 18.0 | 12.3 | 12.8 | 5.3 | 21.5 | 6.8 | 12.4 | 8.4 | 9.2 | 19.8 | 20.8 | 23.0 | 21.2 |
| 12 | 9.8 | 21.8 | 14.4 | 15.3 | 6.6 | 22.6 | 7.6 | 14.8 | 10.0 | 10.8 | 24.2 | 22.3 | 20.6 | 22.4 |
| 13 | 11.5 | 20.2 | 12.1 | 14.6 | 8.7 | 20.5 | 9.6 | 13.4 | 8.8 | 10.6 | 20.3 | 18.2 | 17.7 | 18.7 |
| 14 | 8.8 | 13.5 | 8.2 | 10.2 | 7.7 | 15.6 | 6.6 | 9.8 | 6.7 | 7.7 | 17.7 | 17.7 | 18.6 | 18.0 |
| 15 | 7.1 | 17.7 | 11.1 | 12.0 | 3.8 | 19.0 | 6.3 | 11.2 | 8.0 | 8.5 | 19.6 | 18.2 | 18.4 | 18.7 |
| 16 | 9.0 | 20.8 | 14.8 | 14.9 | 5.4 | 21.0 | 7.6 | 13.6 | 12.0 | 11.1 | 18.4 | 16.5 | 15.7 | 16.9 |
| 17 | 11.0 | 15.2 | 10.5 | 12.2 | 9.7 | 16.5 | 10.6 | 12.6 | 9.6 | 10.9 | 17.1 | 17.9 | 21.5 | 18.8 |
| 18 | 12.5 | 21.0 | 14.7 | 16.1 | 8.4 | 21.4 | 10.8 | 15.1 | 10.3 | 12.1 | 24.2 | 24.1 | 24.5 | 24.5 |
| 19 | 12.1 | 21.6 | 17.7 | 17.1 | 6.2 | 22.0 | 9.2 | 14.4 | 11.4 | 11.7 | 25.6 | 24.8 | 24.7 | 25.0 |
| 20 | 13.2 | 23.8 | 19.6 | 18.9 | 8.0 | 25.4 | 10.4 | 15.6 | 11.5 | 12.5 | 25.4 | 24.4 | 23.3 | 24.4 |
| 21 | 13.6 | 24.0 | 19.0 | 18.9 | 9.5 | 26.1 | 10.8 | 16.2 | 12.9 | 13.3 | 24.6 | 23.2 | 23.2 | 23.7 |
| 22 | 15.5 | 21.6 | 16.3 | 17.8 | 11.0 | 25.5 | 13.2 | 15.6 | 13.6 | 14.1 | 24.4 | 23.0 | 23.9 | 23.8 |
| 23 | 15.4 | 25.6 | 17.7 | 19.6 | 10.7 | 28.5 | 13.4 | 18.6 | 14.1 | 15.4 | 25.6 | 25.1 | 26.1 | 25.6 |
| 24 | 16.0 | 24.4 | 20.0 | 20.1 | 11.0 | 27.5 | 14.0 | 17.4 | 15.5 | 15.6 | 27.3 | 25.5 | 22.9 | 25.2 |
| 25 | 16.4 | 25.8 | 11.7 | 18.0 | 11.2 | 28.0 | 14.6 | 19.6 | 8.7 | 14.3 | 19.6 | 15.7 | 19.3 | 18.2 |
| 26 | 11.2 | 16.4 | 9.1 | 12.2 | 7.0 | 18.2 | 8.4 | 11.4 | 8.4 | 9.4 | 18.3 | 16.9 | 18.1 | 17.8 |
| 27 | 8.2 | 10.7 | 7.6 | 8.8 | 7.0 | 13.6 | 7.6 | 9.0 | 6.8 | 7.8 | 16.9 | 16.1 | 14.9 | 16.0 |
| 28 | 7.6 | 13.8 | 10.6 | 10.7 | 4.3 | 14.5 | 7.0 | 9.4 | 8.3 | 8.2 | 15.6 | 16.8 | 20.3 | 17.6 |
| 29 | 12.0 | 18.6 | 13.7 | 14.8 | 6.3 | 19.7 | 10.2 | 12.4 | 10.2 | 10.9 | 21.7 | 21.6 | 23.3 | 22.2 |
| 30 | 13.9 | 20.5 | 17.3 | 17.2 | 7.0 | 22.1 | 11.0 | 13.3 | 11.4 | 11.9 | 25.1 | 24.5 | 24.0 | 24.5 |
| 31 | 15.3 | 23.1 | 18.8 | 19.1 | 8.7 | 24.0 | 12.1 | 15.4 | 13.3 | 13.6 | 22.6 | 20.3 | 19.0 | 20.6 |
| Moy. | 10.04 | 17.57 | 12.35 | 13.32 | 6.48 | 19.07 | 8.05 | 11.92 | 8.78 | 9.58 | 721.41 | 720.15 | 720.80 | 720.77 |

Moy. $\frac{1}{4}.(7 + 1 + 2 \times 9)$ : 13.08

| Jours | Humidité relative en % 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Vent, Direction et intensité 7 h. | 1 h. | 9 h. | Nébulosité 0 = sans nuages ; 10 = tout-à-fait couvert 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 63 | 53 | 76 | 64 | W 2 | SW 3 | N 3 | 8 | 7 | 10 | 8 | 8.6$_5$ | 1.4 |
| 2 | 70 | 55 | 72 | 66 | SW 2 | NW 2 | NW 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8.8 | . |
| 3 | 79 | 40 | 54 | 58 | NE 2 | NE 3 | NE 3 | 2 | 3 | 0 | 2 | 12.3 | . |
| 4 | 65 | 50 | 60 | 58 | NE 3 | NE 3 | NE 3 | 2 | 3 | 5 | 3 | 12.6 | . |
| 5 | 79 | 56 | 67 | 67 | NE 3 | NE 3 | NE 3 | 10 | 5 | 4 | 6 | 7.6 | . |
| 6 | 79 | 58 | 60 | 66 | NE 3 | NE 2 | NE 3 | 10 | 5 | 1 | 5 | 9.1 | . |
| 7 | 65 | 50 | 31 | 49 | NE 2 | NE 3 | NE 3 | 2 | 0 | 1 | 1 | 13.2 | . |
| 8 | 48 | 38 | 30 | 39 | NE 3 | NE 2 | NE 2 | 0 | 2 | 3 | 2 | 13.2$_5$ | . |
| 9 | 57 | 49 | 86 | 64 | E 1 | SW 1 | NW 1 | 8 | 7 | 5 | 7 | 2.6$_5$ | 2.9 |
| 10 | 89 | 34 | 53 | 59 | SE 1 | NE 1 | NW 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 11.0$_5$ | . |
| 11 | 81 | 49 | 56 | 62 | NE 1 | S 1 | N 1 | 6 | 7 | 1 | 5 | 9.6 | . |
| 12 | 72 | 44 | 54 | 57 | SE 1 | SE 1 | N 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.4 | . |
| 13 | 77 | 43 | 63 | 61 | NW 1 | SW 1 | NW 2 | 7 | 8 | 10 | 8 | 6.0$_5$ | . |
| 14 | 71 | 60 | 80 | 70 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 9 | 9 | 0 | 6 | 4.5$_5$ | . |
| 15 | 89 | 41 | 63 | 64 | SE 1 | SE 1 | N 1 | 9 | 2 | 0 | 4 | 9.4$_5$ | . |
| 16 | 81 | 41 | 71 | 64 | NW 1 | SW 1 | W 1 | 7 | 7 | 10 | 8 | 6.6$_5$ | 3.1 |
| 17 | 95 | 73 | 88 | 85 | W 1 | W 1 | NW 1 | 10 | 8 | 8 | 9 | 1.2$_5$ | 6.4 |
| 18 | 80 | 51 | 55 | 62 | E 0 | SE 1 | NE 1 | 6 | 4 | 7 | 6 | 10.7 | . |
| 19 | 67 | 42 | 42 | 50 | E 1 | E 2 | NE 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.8 | . |
| 20 | 69 | 38 | 32 | 46 | SE 1 | E 2 | NE 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 13.4$_5$ | . |
| 21 | 69 | 42 | 46 | 52 | SE 1 | SW 1 | NW 1 | 4 | 3 | 5 | 4 | 9.9 | 0.2 |
| 22 | 76 | 50 | 73 | 66 | E 1 | NW 2 | NW 1 | 0 | 8 | 5 | 4 | 7.4$_5$ | . |
| 23 | 79 | 48 | 66 | 64 | NE 0 | S 1 | N 1 | 0 | 3 | 2 | 2 | 10.7$_5$ | . |
| 24 | 79 | 47 | 60 | 62 | SE 0 | SW 0 | N 1 | 6 | 7 | 0 | 4 | 7.3$_5$ | . |
| 25 | 81 | 54 | 65 | 67 | E 1 | S 1 | NW 3 | 0 | 2 | 10 | 4 | 9.3 | . |
| 26 | 67 | 52 | 91 | 70 | SW 1 | SW 1 | NE 1 | 7 | 9 | 10 | 9 | 5.5$_5$ | 9.9 |
| 27 | 92 | 79 | 89 | 87 | W 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 5 | 8 | 2.1 | 1.2 |
| 28 | 91 | 54 | 72 | 72 | E 1 | N 1 | NE 1 | 4 | 9 | 10 | 8 | 2.9$_5$ | . |
| 29 | 79 | 45 | 62 | 62 | SE 1 | SW 1 | N 2 | 4 | 7 | 7 | 6 | 8.5$_5$ | . |
| 30 | 69 | 40 | 45 | 51 | E 1 | NE 2 | NE 3 | 1 | 7 | 0 | 3 | 12.2 | . |
| 31 | 67 | 41 | 51 | 53 | E 1 | NE 2 | NE 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.8$_5$ | . |
| Moy. | 75.0 | 48.9 | 61.7 | 61.8 | | | | 4.6 | 4.9 | 4.2 | 4.6 | 276.0$_5$ Somme | 25.1 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — MAI 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSIONS ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4 (7, 1, 2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | o | o | o | o | o | | o | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | 10.0 | 17.6 | 12.3 | 13.1 | - 1.3 | 3 | 28.5 | 23 | 720.8 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | 6.8 | 12.5 | 7.1 | 8.4 | - 5.0 | 1 | 22.0 | 23 | 667.6 |
| Cernier . . . . . | 800 | 8.9 | 14.4 | 9.8 | 10.7 | - 0.2 | 1 | 24.3 | 23 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | 7.8 | 12.9 | 7.8 | 9.1 | - 3.2 | 2 | 23.8 | 25 | 678.8 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | 6.4 | 12.0 | 6.9 | 8.0 | - 4.6 | 2 | 21.8 | 25 | 671.6 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 75 | 49 | 62 | 62 | 4.6 | 4.9 | 4.2 | 4.6 | 276.0 | 25 |
| Chaumont . . . . . | 77 | 58 | 74 | 70 | 4.9 | 5.7 | 4.0 | 4.9 | — | 34 |
| Cernier . . . . . | - | - | - | - | 4.1 | 5.5 | 3.6 | 4.4 | — | 42 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 74 | 56 | 76 | 69 | 4.1 | 5.7 | 3.7 | 4.5 | 251.0 | 73 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 3.4 | 5.7 | 3.5 | 4.2 | — | 101 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 9 | 31 | 9 | 9 | 3 | 10 | 5 | 13 | 4 |
| Chaumont . . . . . | 11 | 11 | 21 | 11 | 3 | 5 | 4 | 10 | 17 |
| Cernier . . . . . | 0 | 12 | 8 | 3 | 0 | 15 | 2 | 2 | 51 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 4 | 42 | 9 | 11 | 3 | 15 | 0 | 1 | 8 |
| La Brévine . . . . . | 7 | 15 | 6 | 3 | 3 | 3 | 8 | 7 | 41 |

# REMARQUES

## JUIN 1909

Le 2, le ciel se couvre vers le soir; assez forts coups de joran de 6 h. à 8 h. s.
3, quelques gouttes de pluie vers 3 h. s.
4, fort vent d'Ouest contre le matin; les Alpes visibles le matin; coups de tonnerre au SW de 2 h. 1/4 à 3 h. 3/4 et pluie fine intermittente.
5, pluie faible pendant la nuit et forte pluie depuis 3 h. 1/2 à 5 h. 1/2 mêlée de grêlons après 3 h. 1/2; de nouveau pluie à partir de 7 h. 1/2 s.; coups de tonnerre au Nord depuis 2 h. à 2 h. 1/2 et au SW de 3 h. à 4 h. de l'après-midi.
6, pluie fine intermittente pendant la nuit; depuis 10 h. à 10 h. 1/2 m. et quelques gouttes vers 2 h. et 7 h. s.
7, quelques gouttes de pluie entre midi et 1 h., après 5 h., 7 h. 1/2 et 9 h. s.
8, orage au SW de 6 h. 3/4 à 7 h. 3/4 s. et pluie intermittente à partir de 7 h. s.
9, pluie pendant la nuit; brouillard en bas Chaumont et faible brise SW sur le lac à 7 h. m.; soleil perce vers 11 h.; les Alpes visibles le soir.
10, brise SW sur le lac à 7 h. m. et assez fort joran de 5 h. à 7 h.; pluie fine intermittente à partir de 4 h. 1/2 s.
11, forte pluie pendant la nuit et pluie fine intermittente tout le jour; soleil visible par moments dans la matinée et quelques instants l'après-midi.
12, pluie fine tout le jour.
13, gouttes de pluie fine par moments.
14, pluie pendant la nuit.
15, toutes les Alpes visibles le matin.
16, pluie intermittente jusqu'à 6 h. 1/2 m. et de 3 h. 1/2 à 5 h. 1/4 s.
17, pluie fine intermittente depuis 12 h. à 6 h. s.; soleil le matin; coups de tonnerre au Nord après 3 h. de l'après-midi.
21, le ciel se couvre dans la soirée.
22, coups de tonnerre éloignés au Sud à 8 h. 1/2 m.; forts coups de vent NW à partir de 12 h. 1/4 et quelques gouttes de pluie fine vers 12 h.; pluie intermittente dès 3 h. 1/2 de l'après-midi.
23, pluie intermittente jusqu'à 7 h. m.; fort joran à partir de 7 h. 1/2 s.
24, pluie fine intermittente tout le jour; toutes les Alpes visibles le matin; très fort vent d'Ouest contre le soir.
25, pluie intermittente jusqu'à 3 h. de l'après-midi et à partir de 8 h. 3/4 s.
26, pluie fine intermittente jusqu'à 3 h. de l'après-midi, mêlée de grêlons à 2 h. 20; soleil perce vers 10 h. 1/2.
27, pluie fine par moments jusqu'à 8 h. 1/2 m. et de 1 h. à 4 h. 1/2 de l'après-midi; les Alpes visibles le matin; le soleil perce vers 9 h.
28, assez fort joran de 6 h. à 7 h. 1/2 s.
29, pluie pendant la nuit et à partir de 1 h. de l'après-midi; brouillard sur Chaumont à 1 h.
30, pluie intermittente tout le jour.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 14.9 | 26.5 | 18.1 | 19.8 | 9.4 | 27.9 | 12.8 | 18.3 | 14.6 | 15.2 | 18.9 | 17.0 | 16.3 | 17.4 |
| 2 | 17.7 | 27.4 | 22.8 | 22.6 | 12.2 | 29.0 | 14.9 | 17.8 | 16.2 | 16.3 | 17.3 | 16.5 | 17.2 | 17.0 |
| 3 | 18.8 | 22.5 | 16.7 | 19.3 | 15.8 | 23.7 | 16.6 | 16.9 | 14.6 | 16.0 | 17.7 | 17.7 | 15.2 | 16.9 |
| 4 | 13.0 | 18.7 | 13.7 | 15.1 | 11.5 | 19.8 | 11.2 | 12.9 | 12.0 | 12.0 | 17.3 | 16.4 | 15.5 | 16.4 |
| 5 | 12.7 | 19.7 | 11.4 | 14.6 | 10.7 | 21.4 | 11.8 | 14.2 | 10.3 | 12.1 | 14.8 | 13.4 | 14.6 | 14.3 |
| 6 | 12.7 | 18.1 | 13.3 | 14.7 | 10.0 | 19.7 | 11.6 | 13.3 | 10.9 | 11.9 | 15.9 | 15.5 | 16.6 | 16.0 |
| 7 | 12.4 | 17.1 | 13.0 | 14.2 | 8.6 | 19.3 | 11.4 | 13.4 | 11.4 | 12.1 | 17.4 | 17.1 | 18.1 | 17.5 |
| 8 | 13.8 | 18.8 | 12.4 | 15.0 | 8.5 | 21.5 | 12.2 | 14.0 | 12.1 | 12.8 | 19.0 | 18.1 | 20.3 | 19.1 |
| 9 | 12.5 | 20.1 | 13.9 | 15.5 | 10.4 | 20.7 | 12.0 | 15.4 | 12.8 | 13.4 | 20.7 | 20.7 | 20.2 | 20.5 |
| 10 | 15.1 | 19.2 | 12.4 | 15.6 | 10.2 | 20.9 | 13.3 | 13.2 | 11.8 | 12.8 | 18.4 | 15.2 | 15.0 | 16.2 |
| 11 | 11.7 | 12.0 | 10.8 | 11.5 | 10.0 | 17.0 | 11.3 | 10.3 | 10.3 | 10.6 | 12.6 | 12.8 | 14.5 | 13.3 |
| 12 | 9.2 | 9.6 | 8.8 | 9.2 | 8.0 | 11.1 | 8.2 | 8.9 | 7.3 | 8.1 | 13.5 | 16.0 | 17.4 | 15.6 |
| 13 | 9.2 | 11.4 | 9.3 | 10.0 | 7.0 | 12.4 | 7.5 | 8.8 | 8.3 | 8.2 | 18.9 | 20.5 | 23.3 | 20.9 |
| 14 | 10.1 | 15.1 | 12.4 | 12.5 | 7.6 | 18.5 | 9.0 | 11.2 | 9.0 | 9.7 | 25.0 | 24.8 | 24.7 | 24.8 |
| 15 | 11.5 | 21.6 | 17.3 | 16.8 | 5.7 | 22.4 | 10.1 | 15.0 | 11.7 | 12.3 | 24.6 | 22.4 | 20.5 | 22.5 |
| 16 | 12.8 | 15.7 | 12.2 | 13.6 | 11.5 | 17.5 | 11.9 | 13.4 | 11.4 | 12.2 | 19.5 | 19.9 | 21.7 | 20.4 |
| 17 | 13.6 | 16.8 | 12.1 | 14.2 | 10.5 | 19.7 | 12.4 | 14.9 | 11.4 | 12.9 | 22.4 | 22.0 | 22.8 | 22.4 |
| 18 | 14.1 | 22.2 | 17.0 | 17.8 | 8.5 | 22.5 | 12.8 | 15.8 | 13.0 | 13.9 | 23.8 | 23.5 | 25.0 | 24.1 |
| 19 | 16.3 | 23.5 | 17.4 | 19.1 | 12.0 | 23.5 | 13.5 | 17.9 | 13.2 | 14.9 | 26.5 | 26.0 | 26.2 | 26.2 |
| 20 | 15.5 | 24.0 | 16.3 | 18.6 | 12.7 | 24.5 | 13.8 | 18.2 | 13.7 | 15.2 | 25.6 | 23.8 | 21.9 | 23.8 |
| 21 | 16.6 | 25.4 | 20.2 | 20.7 | 11.0 | 26.3 | 14.6 | 17.4 | 14.8 | 15.6 | 20.1 | 16.6 | 14.4 | 17.0 |
| 22 | 17.2 | 18.6 | 10.3 | 15.4 | 9.7 | 19.9 | 14.2 | 13.4 | 9.7 | 12.4 | 13.2 | 13.3 | 15.3 | 13.9 |
| 23 | 9.7 | 15.4 | 13.1 | 12.7 | 8.0 | 17.6 | 8.8 | 10.7 | 8.8 | 9.4 | 17.2 | 16.8 | 16.1 | 16.7 |
| 24 | 11.9 | 15.3 | 10.9 | 12.7 | 9.0 | 16.8 | 9.6 | 11.9 | 10.4 | 10.6 | 16.5 | 17.0 | 18.7 | 17.4 |
| 25 | 10.5 | 13.2 | 10.9 | 11.5 | 9.4 | 16.7 | 9.3 | 11.1 | 9.1 | 9.8 | 19.5 | 19.2 | 19.2 | 19.3 |
| 26 | 11.1 | 14.4 | 10.9 | 12.1 | 8.7 | 16.4 | 10.0 | 11.6 | 9.1 | 10.2 | 19.4 | 19.2 | 20.4 | 19.7 |
| 27 | 11.1 | 14.6 | 11.5 | 12.4 | 9.0 | 18.0 | 9.5 | 12.0 | 10.0 | 10.5 | 21.0 | 20.7 | 21.0 | 20.9 |
| 28 | 12.8 | 20.2 | 16.0 | 16.3 | 8.0 | 21.0 | 11.6 | 14.5 | 11.2 | 12.4 | 21.1 | 20.0 | 19.3 | 20.1 |
| 29 | 12.1 | 14.8 | 11.6 | 12.8 | 10.9 | 15.3 | 11.6 | 13.2 | 10.8 | 11.9 | 17.1 | 14.7 | 14.3 | 15.4 |
| 30 | 9.1 | 10.1 | 8.8 | 9.3 | 7.9 | 10.5 | 8.2 | 8.9 | 8.2 | 8.4 | 15.3 | 16.2 | 18.6 | 16.7 |
| Moy. | 12.99 | 18.07 | 13.52 | 14.85 | 9.75 | 19.72 | 11.52 | 13.62 | 11.27 | 12.13 | 719.01 | 718.43 | 718.81 | 718.75 |

Moy. 1/4 (7 + 1 + 2 × 9) : 14.52

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages; 10 = tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 77 | 43 | 67 | 62 | NE 1 | SW 1 | NW 1 | 0 | 1 | 5 | 2 | 13.6 | . |
| 2 | 73 | 36 | 48 | 52 | NE 1 | S 1 | N 1 | 0 | 2 | 10 | 4 | 11.4 | . |
| 3 | 79 | 55 | 79 | 71 | NE 0 | SW 1 | NW 0 | 8 | 10 | 9 | 9 | 0.95 | . |
| 4 | 80 | 48 | 81 | 70 | SW 1 | SW 1 | NE 1 | 8 | 10 | 7 | 8 | 3.35 | 2.5 |
| 5 | 89 | 52 | 87 | 76 | NE 0 | SE 1 | N 1 | 9 | 6 | 10 | 8 | 3.95 | 14.1 |
| 6 | 87 | 57 | 74 | 73 | SW 1 | NW 1 | N 1 | 9 | 7 | 9 | 8 | 5.4 | 0.5 |
| 7 | 88 | 65 | 82 | 78 | NE 1 | SW 1 | N 1 | 8 | 7 | 9 | 8 | 4.7 | 0.3 |
| 8 | 82 | 57 | 97 | 79 | SE 1 | E 2 | N 1 | 6 | 7 | 10 | 8 | 6.7 | 12.2 |
| 9 | 94 | 59 | 88 | 80 | NE 0 | SE 1 | NW 1 | 10 | 7 | 4 | 7 | 3.45 | . |
| 10 | 81 | 48 | 93 | 74 | E 1 | NW 1 | NE 1 | 3 | 9 | 10 | 7 | 6.1 | 21.8 |
| 11 | 95 | 80 | 94 | 90 | NE 1 | NW 2 | NE 1 | 10 | 9 | 10 | 10 | 1.8 | 16.6 |
| 12 | 86 | 91 | 80 | 86 | NE 1 | W 1 | W 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 6.0 |
| 13 | 78 | 70 | 86 | 78 | W 1 | W 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 1.3 |
| 14 | 85 | 60 | 62 | 69 | W 1 | E 1 | N 1 | 10 | 7 | 0 | 6 | 5.2 | . |
| 15 | 83 | 46 | 48 | 59 | E 1 | E 1 | N 1 | 3 | 4 | 7 | 5 | 12.7 | 1.3 |
| 16 | 89 | 76 | 90 | 85 | NE 1 | SE 1 | N 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 3.6 |
| 17 | 86 | 81 | 92 | 86 | NE 1 | E 1 | N 1 | 9 | 10 | 8 | 9 | 3.35 | 1.2 |
| 18 | 85 | 49 | 62 | 65 | E 1 | NE 1 | NE 1 | 4 | 6 | 8 | 6 | 11.2 | . |
| 19 | 72 | 56 | 60 | 63 | E 1 | SW 1 | N 1 | 4 | 5 | 9 | 6 | 10.55 | . |
| 20 | 82 | 55 | 74 | 70 | E 1 | SW 1 | N 1 | 9 | 4 | 2 | 5 | 7.6 | . |
| 21 | 80 | 42 | 54 | 59 | E 1 | S 1 | W 1 | 0 | 1 | 8 | 3 | 12.45 | . |
| 22 | 71 | 53 | 93 | 72 | E 1 | NW 3 | NW 1 | 4 | 7 | 10 | 7 | 3.25 | 32.3 |
| 23 | 88 | 53 | 53 | 65 | W 1 | SW 2 | NW 3 | 9 | 7 | 10 | 9 | 7.9 | 1.0 |
| 24 | 73 | 65 | 94 | 77 | W 2 | SW 3 | W 2 | 10 | 9 | 9 | 9 | 1.4 | 8.0 |
| 25 | 85 | 77 | 78 | 80 | NW 1 | SW 2 | NW 2 | 7 | 9 | 9 | 8 | 3.0 | 5.3 |
| 26 | 86 | 70 | 78 | 78 | W 1 | NW 2 | NW 2 | 9 | 6 | 7 | 7 | 5.3 | 5.6 |
| 27 | 80 | 73 | 82 | 78 | SW 1 | SW 2 | W 1 | 10 | 9 | 7 | 9 | 5.4 | 1.0 |
| 28 | 86 | 51 | 53 | 63 | E 1 | SW 1 | N 1 | 6 | 7 | 9 | 7 | 11.2 | 2.0 |
| 29 | 94 | 83 | 90 | 89 | NE 1 | SW 1 | W 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 12.8 |
| 30 | 88 | 84 | 92 | 88 | SW 3 | SW 2 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 11.4 |
| Moy. | 83.4 | 61.2 | 77.0 | 73.8 | | | | 7.2 | 7.2 | 8.2 | 7.5 | 161.9 Somme | 160.8 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — JUIN 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1,2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m. | ° | ° | ° | ° | ° | | ° | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 488 | 13.0 | 18.1 | 13.5 | 14.5 | 5.7 | 15 | 29.0 | 2 | 718.7 |
| Chaumont | 1127 | 8.9 | 12.1 | 8.7 | 9.6 | 3.6 | 12 | 22.0 | 2 | 666.0 |
| Cernier | 800 | 11.6 | 15.0 | 11.3 | 12.3 | 6.0 | 12 | 24.4 | 2 | — |
| La Chaux-de-Fonds | 986 | 10.6 | 14.1 | 10.4 | 11.4 | 5.3 | 12 | 23.2 | 2 | 677.1 |
| La Brévine | 1077 | 9.5 | 12.5 | 8.8 | 9.9 | 3.6 | 13 | 23.6 | 2 | 669.9 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | NÉBULOSITÉ 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | DURÉE D'INSOLATION Somme | Eau tombée (pluie, neige) Somme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 83 | 61 | 77 | 74 | 7.2 | 7.2 | 8.2 | 7.5 | 161.9 | 161 |
| Chaumont | 89 | 73 | 86 | 83 | 7.2 | 7.9 | 8.5 | 7.9 | — | 185 |
| Cernier | – | – | – | – | 7.0 | 7.0 | 8.4 | 7.5 | — | 213 |
| La Chaux-de-Fonds | 78 | 62 | 83 | 74 | 7.2 | 7.9 | 7.7 | 7.6 | 131.6 | 239 |
| La Brévine | – | – | – | – | 7.6 | 8.2 | 7.1 | 7.6 | — | 185 |

| | FRÉQUENCE DU VENT N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Neuchâtel (Observatoire) | 11 | 13 | 12 | 4 | 2 | 20 | 12 | 14 | 2 |
| Chaumont | 10 | 1 | 8 | 9 | 4 | 15 | 18 | 17 | 8 |
| Cernier | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 15 | 3 | 6 | 64 |
| La Chaux-de-Fonds | 2 | 18 | 1 | 4 | 8 | 48 | 0 | 3 | 6 |
| La Brévine | 6 | 1 | 0 | 0 | 7 | 7 | 20 | 8 | 41 |

# REMARQUES

## JUILLET 1909

Le 1er, pluie fine intermittente pendant la nuit et à partir de 9 h. s.; soleil perce par moments à partir de 9 h. 1/4.
2, pluie intermittente pendant la nuit et à partir de 12 h. 1/4; soleil visible par moments dans la matinée.
3, pluie faible pendant la nuit.
4, nuages orageux au NW à 1 h.
5, quelques gouttes de pluie vers 7 h. m. et courte averse à 2 h.; les Alpes visibles vers le soir; le ciel s'éclaircit vers 8 h. 1/2 s.
6, pluie intermittente tout le jour; joran pendant l'après-midi et soleil visible un instant.
7, fort vent et pluie pendant la nuit et pluie intermittente toute la journée; l'air est très transparent après la pluie.
8, pluie intermittente tout le jour; brouillard sur Chaumont.
9, pluie intermittente tout le jour; brouillard sur Chaumont.
10, pluie à partir de 2 h. de l'après-midi; le ciel se couvre complètement vers 11 h. m.
11, pluie pendant la nuit et intermittente depuis 8 h. m. à 3 h. 1/2 s.; le vent tourne au NE vers 4 h.; gouttes de pluie à 9 h. s.
13, pluie fine intermittente depuis 1 h. 1/4 à 5 h. 1/2 s.
15, soleil le matin; pluie fine intermittente depuis 2 h. à 5 h. s.
16, joran le soir.
17, pluie fine intermittente jusqu'à 7 h. m.; soleil visible par moments vers le soir.
18, brises SE et SW sur le lac à 7 h. m.; toutes les Alpes visibles le matin.
19, fort joran à partir de 4 h. 1/2 s.; éclairs au SE dès 8 h.
20, assez fort joran depuis 2 h. 1/2 et surtout fort de 5 h. à 8 h.
21, fort joran à partir de 6 h. s.
22, les Alpes visibles le soir; assez fort joran de 6 h. à 8 h.
23, toutes les Alpes visibles le matin et le soir.
24, très fort vent NW à partir de 12 h. 1/2 de la nuit.
25, le ciel se couvre vers le soir; quelques gouttes de pluie entre 7 h. 3/4 et 8 h. 1/4 et très fort joran à partir de 8 h. 1/4 s.
26, pluie faible pendant la nuit et des gouttes par moments dans la soirée; soleil visible par moments; très fort joran de 4 h. 1/2 à 7 h. et coups de tonnerre au SW après 5 h. 1/2 s.
27, toutes les Alpes visibles le matin et le soir.
28, quelques gouttes de pluie à 5 h. 1/2 m. et pluie de 8 h. 1/2 à 10 h. 1/2 et de 3 h. 1/2 à 8 h. s.
29, pluie pendant la nuit; assez fort joran à partir de 4 h. s.; le ciel se couvre un moment dans la soirée.
30, toutes les Alpes visibles le matin.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 9.6 | 14.2 | 11.1 | 11.6 | 7.9 | 15.0 | 8.6 | 10.2 | 8.2 | 9.0 | 19.7 | 20.3 | 20.9 | 20.3 |
| 2 | 10.5 | 15.3 | 11.4 | 12.4 | 8.5 | 16.9 | 9.7 | 12.7 | 10.8 | 11.1 | 20.2 | 20.7 | 21.7 | 20.9 |
| 3 | 11.8 | 17.0 | 15.2 | 14.7 | 10.0 | 18.5 | 10.7 | 13.1 | 12.3 | 12.0 | 22.1 | 21.9 | 22.4 | 22.1 |
| 4 | 14.4 | 22.4 | 18.3 | 18.4 | 8.5 | 23.4 | 12.4 | 17.5 | 12.9 | 14.3 | 21.3 | 20.6 | 21.0 | 21.0 |
| 5 | 13.8 | 20.6 | 15.8 | 16.7 | 12.5 | 21.5 | 13.3 | 16.2 | 13.8 | 14.4 | 21.9 | 21.6 | 21.0 | 21.5 |
| 6 | 14.3 | 16.8 | 12.5 | 14.5 | 11.5 | 20.0 | 13.7 | 15.0 | 12.0 | 13.6 | 19.4 | 15.9 | 13.1 | 16.1 |
| 7 | 12.2 | 12.2 | 10.2 | 11.5 | 9.2 | 14.6 | 11.7 | 10.6 | 8.8 | 10.4 | 9.4 | 12.3 | 13.8 | 11.8 |
| 8 | 10.2 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 9.0 | 13.5 | 9.0 | 9.6 | 9.8 | 9.5 | 15.9 | 17.2 | 19.4 | 17.5 |
| 9 | 9.9 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 9.0 | 11.4 | 9.2 | 10.6 | 10.5 | 10.1 | 20.3 | 21.4 | 21.3 | 21.0 |
| 10 | 12.7 | 16.4 | 10.8 | 13.3 | 8.9 | 17.8 | 11.5 | 13.3 | 10.5 | 11.8 | 17.2 | 13.9 | 13.7 | 14.9 |
| 11 | 9.3 | 10.2 | 9.7 | 9.7 | 8.0 | 12.8 | 8.8 | 9.7 | 9.2 | 9.2 | 12.7 | 13.0 | 15.1 | 13.6 |
| 12 | 11.1 | 15.9 | 11.5 | 12.8 | 9.1 | 17.5 | 10.1 | 12.0 | 9.2 | 10.4 | 17.3 | 18.7 | 21.1 | 19.0 |
| 13 | 10.0 | 15.8 | 11.6 | 12.5 | 7.8 | 16.0 | 9.2 | 12.4 | 10.5 | 10.7 | 22.9 | 23.3 | 24.7 | 23.6 |
| 14 | 11.6 | 19.7 | 14.9 | 15.4 | 8.5 | 21.6 | 10.8 | 14.3 | 12.6 | 12.5 | 25.7 | 25.2 | 25.1 | 25.3 |
| 15 | 14.3 | 19.8 | 15.6 | 16.6 | 9.7 | 22.4 | 12.6 | 15.0 | 12.6 | 13.4 | 24.4 | 22.6 | 23.1 | 23.4 |
| 16 | 16.0 | 19.1 | 16.4 | 17.2 | 10.9 | 21.6 | 14.2 | 15.0 | 13.4 | 14.2 | 22.8 | 22.5 | 22.7 | 22.7 |
| 17 | 13.5 | 17.3 | 17.4 | 16.1 | 12.0 | 19.6 | 12.1 | 14.9 | 14.9 | 14.0 | 24.7 | 25.0 | 26.1 | 25.3 |
| 18 | 16.9 | 23.8 | 18.0 | 19.6 | 15.0 | 25.1 | 15.8 | 18.7 | 16.2 | 16.9 | 26.5 | 26.3 | 25.7 | 26.2 |
| 19 | 16.6 | 26.2 | 21.4 | 21.4 | 13.0 | 27.5 | 15.8 | 20.6 | 16.6 | 17.7 | 25.0 | 23.5 | 22.4 | 23.6 |
| 20 | 18.6 | 21.3 | 16.7 | 18.9 | 15.0 | 25.5 | 16.1 | 15.7 | 13.5 | 15.1 | 23.2 | 22.8 | 22.5 | 22.8 |
| 21 | 14.6 | 23.2 | 19.7 | 19.2 | 9.8 | 24.8 | 13.0 | 17.3 | 12.7 | 14.3 | 21.2 | 19.8 | 19.5 | 20.2 |
| 22 | 16.3 | 25.4 | 20.2 | 20.6 | 11.3 | 26.0 | 13.9 | 18.1 | 14.8 | 15.6 | 20.6 | 19.8 | 19.7 | 20.0 |
| 23 | 17.9 | 27.0 | 21.4 | 22.1 | 15.0 | 27.4 | 15.4 | 19.0 | 16.0 | 16.8 | 20.0 | 18.5 | 16.8 | 18.4 |
| 24 | 18.4 | 23.4 | 19.6 | 20.5 | 17.4 | 24.5 | 14.2 | 16.8 | 14.4 | 15.1 | 19.2 | 19.1 | 19.3 | 19.2 |
| 25 | 19.4 | 25.5 | 21.6 | 22.2 | 15.1 | 27.6 | 15.6 | 19.1 | 15.6 | 16.8 | 18.0 | 15.3 | 13.3 | 15.5 |
| 26 | 17.4 | 20.8 | 15.7 | 18.0 | 15.0 | 23.0 | 15.3 | 15.8 | 11.4 | 14.2 | 18.0 | 17.5 | 22.2 | 19.2 |
| 27 | 14.6 | 23.8 | 16.9 | 18.4 | 9.5 | 24.8 | 12.4 | 16.6 | 13.8 | 14.3 | 22.9 | 21.6 | 20.2 | 21.6 |
| 28 | 16.6 | 18.6 | 16.2 | 17.1 | 12.2 | 21.6 | 14.8 | 16.6 | 14.8 | 15.4 | 19.3 | 19.1 | 20.1 | 19.5 |
| 29 | 14.8 | 21.0 | 15.6 | 17.1 | 11.3 | 22.4 | 12.0 | 14.8 | 11.7 | 12.8 | 23.0 | 21.8 | 21.9 | 22.2 |
| 30 | 15.3 | 22.8 | 19.5 | 19.2 | 13.0 | 25.2 | 12.9 | 16.6 | 14.7 | 14.7 | 22.4 | 21.4 | 21.4 | 21.7 |
| 31 | 17.2 | 23.7 | 16.6 | 19.2 | 15.2 | 24.5 | 14.3 | 17.2 | 14.0 | 15.2 | 22.8 | 23.0 | 23.2 | 23.0 |
| Moy. | 14.19 | 19.37 | 15.57 | 16.38 | 11.25 | 21.10 | 12.55 | 15.00 | 12.65 | 13.40 | 720.65 | 720.18 | 720.46 | 720.42 |

Moy. $\frac{1}{4} \cdot (7 + 1 + 2 \times 9)$: 16.17

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages; 10 = tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 86 | 58 | 65 | 70 | NW 1 | NW 2 | NW 3 | 10 | 6 | 10 | 9 | 8.3 | 4.5 |
| 2 | 90 | 73 | 93 | 85 | W 1 | NE 1 | NE 0 | 8 | 10 | 10 | 9 | 2.0$_5$ | 1.7 |
| 3 | 87 | 63 | 70 | 73 | NE 1 | E 2 | NE 1 | 9 | 8 | 9 | 9 | 4.7 | . |
| 4 | 78 | 60 | 51 | 63 | E 1 | SW 1 | N 2 | 2 | 4 | 8 | 5 | 12.8$_5$ | . |
| 5 | 94 | 62 | 79 | 78 | E 1 | W 0 | NE 1 | 10 | 7 | 2 | 6 | 5.9$_5$ | 0.8 |
| 6 | 93 | 81 | 94 | 89 | SW 1 | SW 1 | SW 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1.7$_5$ | 11.2 |
| 7 | 94 | 81 | 82 | 86 | SW 2 | SW 2 | SW 1 | 10 | 9 | 10 | 10 | 0.9$_5$ | 4.9 |
| 8 | 84 | 90 | 93 | 89 | SW 1 | SW 1 | SW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 10.4 |
| 9 | 91 | 95 | 97 | 94 | SW 2 | SW 2 | SW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 21.5 |
| 10 | 86 | 69 | 96 | 84 | SW 1 | SW 1 | SW 1 | 6 | 10 | 10 | 9 | 4.4 | 11.6 |
| 11 | 94 | 94 | 94 | 94 | SW 1 | SW 1 | SE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 9.9 |
| 12 | 87 | 61 | 73 | 74 | SW 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 6 | 3 | 6 | 3.5$_5$ | . |
| 13 | 90 | 66 | 87 | 81 | E 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 9 | 10 | 0.3$_5$ | 1.2 |
| 14 | 90 | 52 | 76 | 73 | NE 1 | SE 1 | NW 1 | 2 | 5 | 5 | 4 | 8.1 | . |
| 15 | 81 | 58 | 69 | 69 | E 1 | SW 1 | N 1 | 1 | 7 | 9 | 6 | 7.2$_5$ | 0.2 |
| 16 | 81 | 63 | 70 | 71 | E 1 | SW 1 | NW 1 | 2 | 9 | 6 | 6 | 6.9$_5$ | 1.5 |
| 17 | 84 | 76 | 75 | 78 | SW 1 | SW 1 | N 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.7 | . |
| 18 | 89 | 60 | 82 | 77 | E 1 | SW 1 | NE 1 | 10 | 7 | 2 | 6 | 8.1$_5$ | . |
| 19 | 92 | 58 | 59 | 70 | E 0 | S 1 | N 3 | 8 | 2 | 7 | 6 | 11.4 | . |
| 20 | 76 | 53 | 68 | 66 | E 1 | NE 1 | NW 1 | 2 | 7 | 2 | 4 | 11.0$_5$ | . |
| 21 | 82 | 54 | 41 | 59 | NE 1 | SW 1 | NW 3 | 0 | 1 | 2 | 1 | 13.5 | . |
| 22 | 75 | 46 | 54 | 58 | SW 1 | SW 1 | NW 2 | 0 | 3 | 0 | 1 | 13.9 | . |
| 23 | 76 | 44 | 55 | 58 | NE 1 | SW 1 | NW 1 | 0 | 2 | 3 | 2 | 12.7$_5$ | . |
| 24 | 61 | 49 | 54 | 55 | NW 3 | NW 3 | N 2 | 8 | 6 | 7 | 7 | 12.8 | . |
| 25 | 65 | 52 | 51 | 56 | E 1 | SW 1 | NW 3 | 2 | 2 | 7 | 4 | 10.8$_5$ | 0.5 |
| 26 | 79 | 57 | 57 | 64 | W 1 | NW 2 | NW 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 4.4 | . |
| 27 | 76 | 45 | 70 | 64 | E 1 | SE 1 | NW 1 | 3 | 5 | 4 | 4 | 13.7 | . |
| 28 | 81 | 81 | 86 | 83 | NW 1 | SW 2 | NW 1 | 9 | 9 | 8 | 9 | 3.6 | 6.9 |
| 29 | 71 | 49 | 60 | 60 | E 1 | SW 1 | NW 2 | 0 | 2 | 5 | 2 | 13.0 | . |
| 30 | 75 | 51 | 57 | 61 | NW 1 | SW 1 | NW 2 | 9 | 1 | 5 | 5 | 11.2 | . |
| 31 | 72 | 50 | 79 | 67 | SW 2 | SW 2 | NW 1 | 8 | 3 | 0 | 4 | 8.6 | . |
| Moy. | 82.6 | 62.9 | 72.2 | 72.5 | | | | 6.4 | 6.4 | 6.5 | 6.5 | 216.7$_5$ Somme | 86.8 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — JUILLET 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSIONS ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4 (7, 1, 2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | ° | ° | ° | ° | ° | | ° | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | 14.2 | 19.4 | 15.6 | 16.2 | 7.8 | 13 | 27.6 | 25 | 720.4 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | 9.9 | 14.0 | 10.5 | 11.2 | 4.6 | 1 11 | 21.4 | 23 | 667.9 |
| Cernier . . . . . | 800 | 12.8 | 16.5 | 12.7 | 13.7 | 7.3 | 7 12 | 24.0 | 23 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | 10.9 | 15.2 | 11.2 | 12.2 | 5.8 | 1 | 26.2 | 25 | 679.0 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | 9.7 | 13.2 | 10.3 | 10.9 | 5.2 | 4 11 | 21.2 | 19 | 672.0 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 83 | 63 | 72 | 72 | 6.4 | 6.4 | 6.5 | 6.5 | 216.75 | 87 |
| Chaumont . . . . . | 91 | 73 | 86 | 83 | 6.5 | 6.8 | 7.0 | 6.8 | — | 113 |
| Cernier . . . . . | - | - | - | - | 5.3 | 6.3 | 5.5 | 5.7 | — | 144 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 84 | 64 | 85 | 78 | 6.6 | 7.0 | 5.7 | 6.4 | 168.9 | 254 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 6.9 | 6.8 | 6.1 | 6.6 | — | 194 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 4 | 10 | 11 | 2 | 1 | 36 | 2 | 23 | 4 |
| Chaumont . . . . . | 4 | 2 | 7 | 2 | 2 | 12 | 26 | 22 | 16 |
| Cernier . . . . . | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 | 13 | 66 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 2 | 19 | 0 | 1 | 3 | 56 | 1 | 5 | 6 |
| La Brévine . . . . . | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 12 | 30 | 8 | 35 |

# REMARQUES

## AOUT 1909

Le 1er, toutes les Alpes visibles.
2, pluie fine intermittente de 7 h. 3/4 à 11 h. 1/2 m.; soleil visible par moments depuis 12 h. 1/2 à 2 h. 1/2; quelques gouttes de pluie vers 4 h. 1/2: éclairs par moments à l'Est dans la soirée.
3, pluie pendant la nuit; très fort vent NW tout le jour.
4, courte averse à 12 h. 1/2 et gouttes de pluie fine par moments pendant l'après-midi; assez fort vent d'Est à partir de 2 h.
6, clair à partir de 1 h.
7, temps brumeux à 7 h. m.
8, brouillard épais sur le lac à 7 h. m.
9, temps orageux pendant toute la nuit; après 2 h. et 4 h. 1/2 m. des orages venant du SW passent par notre zénith avec forte pluie; brouillard sur Chaumont à 1 h.; le ciel s'éclaircit pendant l'après-midi.
10, coups de tonnerre au SE et au SW de 4 h. 1/2 à 7 h. s.; éclairs au SW entre 8 h. et 8 h. 1/2.
13, cumulus à l'horizon Sud; joran le soir.
14, cirri à NE; joran vers 6 h. s.; coups de vent SW entre 7 h. et 8 h. s.
15, cirri à 1 h.; les Alpes avec Mont-Blanc visibles l'après-midi; joran le soir.
16, coups de tonnerre au Nord vers 5 h. 1/2 et entre 6 h. et 7 h. s.; l'orage s'étend dans toutes les directions, éclate sur nous avec forts coups de vent d'Ouest vers 6 h. 1/2 et dure jusqu'à 7 h.; pluie d'orage intermittente entre 5 h. 3/4 et 7 h. 1/2 s.
17, pluie faible pendant la nuit; brouillard en bas Chaumont à 7 h.
18, pluie fine intermittente depuis 9 h. 1/2 m. à 1 h. 1/2 et pluie d'orage intermittente de 2 h. 20 à 4 h. 1/2 de l'après-midi; coups de tonnerre au NW à 2 h. 1/4; le temps reste orageux jusqu'à 4 h.; soleil visible par moments.
19, toutes les Alpes visibles; assez forts coups de joran de 6 h. 1/2 à 8 h. s.
21, gouttes de pluie vers 7 h. et 8 h. 1/4 s. et forts coups de joran par moments dans la soirée.
22, pluie pendant la nuit; soleil visible un instant vers midi et pendant l'après-midi.
23, brouillard épais sur le lac pour un moment à 6 h. 1/2 m. et sur Chaumont à 7 h.; Alpes fribourgeoises visibles le soir.
24, toutes les Alpes visibles le soir.
25, les Alpes visibles le matin; pluie intermittente de 4 h. 50 à 8 h. s. et coups de tonnerre au SW de 5 h. 3/4 à 6 h. s.
26, pluie intermittente jusqu'à 4 h. 1/2 s.
27, brouillard épais sur l'autre rive du lac et sur Chaumont à 7 h. m.; soleil visible pendant quelques instants entre 11 h. et 1 h.; pluie de 1 h. à 5 h. 1/2 et courte averse vers 10 h. 1/2 s.
30, vent SW à partir de 10 h. m.; assez forts coups de vent NW pendant l'après-midi et très forts à partir de 8 h. 1/4 s.

## NEUCHATEL (OBSERVATOIRE) AOUT 1909

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 15.6 | 26.1 | 21.8 | 21.2 | 10.3 | 28.0 | 14.1 | 18.8 | 17.0 | 16.6 | 23.0 | 21.6 | 19.5 | 21.4 |
| 2 | 17.4 | 21.7 | 16.6 | 18.6 | 13.4 | 25.1 | 16.0 | 16.8 | 14.5 | 15.8 | 18.1 | 19.0 | 19.0 | 18.7 |
| 3 | 14.2 | 15.9 | 12.6 | 14.2 | 12.0 | 18.4 | 11.2 | 11.6 | 8.9 | 10.6 | 20.8 | 21.0 | 21.9 | 21.2 |
| 4 | 10.8 | 15.1 | 12.5 | 12.8 | 7.7 | 18.0 | 8.8 | 12.0 | 9.8 | 10.2 | 23.3 | 23.6 | 24.1 | 23.7 |
| 5 | 13.2 | 17.5 | 15.5 | 15.4 | 9.9 | 19.7 | 11.2 | 13.0 | 13.0 | 12.4 | 22.4 | 21.9 | 22.4 | 22.2 |
| 6 | 14.3 | 21.0 | 19.5 | 18.3 | 13.2 | 22.2 | 12.8 | 16.6 | 16.2 | 15.2 | 21.1 | 21.4 | 20.5 | 21.0 |
| 7 | 14.6 | 25.2 | 20.6 | 20.1 | 13.0 | 26.3 | 13.9 | 19.8 | 17.3 | 17.0 | 21.2 | 20.8 | 20.8 | 20.9 |
| 8 | 16.4 | 28.2 | 20.1 | 21.6 | 13.3 | 29.8 | 15.6 | 20.0 | 16.9 | 17.5 | 22.5 | 21.7 | 21.5 | 21.9 |
| 9 | 16.6 | 17.6 | 16.8 | 17.0 | 15.3 | 21.1 | 16.0 | 17.0 | 15.1 | 16.0 | 24.0 | 24.1 | 22.3 | 23.5 |
| 10 | 16.1 | 20.6 | 17.7 | 18.1 | 13.8 | 23.5 | 15.6 | 16.6 | 16.1 | 16.1 | 21.6 | 21.0 | 22.1 | 21.6 |
| 11 | 17.2 | 25.1 | 19.9 | 20.7 | 14.5 | 25.3 | 16.4 | 20.6 | 16.9 | 18.0 | 23.0 | 23.1 | 22.9 | 23.0 |
| 12 | 17.2 | 26.2 | 18.3 | 20.6 | 14.6 | 26.9 | 15.2 | 18.8 | 15.9 | 16.6 | 23.5 | 22.7 | 23.2 | 23.1 |
| 13 | 15.7 | 29.0 | 21.0 | 21.9 | 13.2 | 29.0 | 14.4 | 20.6 | 16.8 | 17.3 | 23.6 | 23.0 | 24.0 | 23.5 |
| 14 | 16.0 | 27.9 | 19.7 | 21.2 | 12.6 | 28.4 | 14.6 | 18.7 | 16.6 | 16.6 | 24.2 | 23.7 | 25.2 | 24.4 |
| 15 | 16.4 | 27.6 | 22.0 | 22.0 | 13.0 | 29.5 | 15.3 | 20.2 | 17.1 | 17.5 | 24.7 | 22.4 | 21.0 | 22.7 |
| 16 | 16.4 | 25.7 | 18.4 | 20.2 | 13.4 | 27.8 | 15.5 | 19.8 | 17.5 | 17.6 | 19.5 | 17.4 | 18.6 | 18.5 |
| 17 | 17.0 | 24.4 | 19.7 | 20.4 | 15.3 | 25.7 | 16.5 | 19.6 | 17.3 | 17.8 | 18.1 | 17.2 | 17.1 | 17.5 |
| 18 | 18.7 | 21.0 | 17.8 | 19.2 | 14.8 | 22.0 | 17.6 | 18.5 | 14.4 | 16.8 | 16.5 | 17.7 | 21.4 | 18.5 |
| 19 | 15.0 | 22.5 | 16.5 | 18.0 | 12.4 | 23.5 | 12.0 | 16.2 | 12.0 | 13.4 | 25.5 | 25.9 | 26.8 | 26.1 |
| 20 | 12.9 | 23.0 | 15.6 | 17.2 | 10.2 | 23.6 | 12.0 | 16.8 | 13.6 | 14.1 | 26.6 | 24.6 | 22.0 | 24.4 |
| 21 | 15.3 | 25.0 | 19.0 | 19.8 | 11.9 | 25.0 | 14.0 | 18.3 | 14.4 | 15.6 | 19.0 | 15.2 | 12.4 | 15.5 |
| 22 | 12.5 | 15.5 | 11.8 | 13.3 | 11.4 | 16.5 | 11.0 | 10.8 | 10.5 | 10.8 | 13.5 | 15.1 | 17.6 | 15.4 |
| 23 | 9.6 | 20.7 | 14.2 | 14.8 | 6.1 | 21.6 | 9.1 | 14.8 | 9.7 | 11.2 | 19.2 | 19.1 | 20.4 | 19.6 |
| 24 | 11.1 | 20.7 | 15.1 | 15.6 | 7.1 | 22.5 | 9.9 | 15.0 | 11.3 | 12.1 | 21.8 | 21.2 | 20.9 | 21.3 |
| 25 | 14.7 | 24.4 | 17.1 | 18.7 | 10.7 | 25.0 | 13.4 | 17.8 | 14.9 | 15.4 | 19.8 | 17.9 | 17.2 | 18.3 |
| 26 | 14.3 | 13.9 | 12.6 | 13.6 | 12.1 | 15.1 | 13.6 | 13.4 | 12.3 | 13.1 | 17.4 | 19.2 | 20.3 | 19.0 |
| 27 | 12.9 | 19.3 | 12.9 | 15.0 | 10.4 | 19.4 | 12.2 | 15.8 | 11.9 | 13.3 | 20.4 | 20.4 | 22.0 | 20.9 |
| 28 | 13.2 | 17.9 | 14.1 | 15.1 | 11.5 | 18.6 | 11.5 | 14.7 | 12.9 | 13.0 | 22.4 | 22.7 | 23.1 | 22.7 |
| 29 | 14.0 | 19.3 | 14.0 | 15.8 | 12.6 | 20.7 | 12.7 | 15.6 | 12.8 | 13.7 | 21.0 | 19.9 | 18.8 | 19.9 |
| 30 | 12.8 | 22.7 | 17.8 | 17.8 | 10.2 | 23.3 | 12.5 | 18.0 | 13.4 | 14.6 | 17.2 | 15.4 | 14.9 | 15.8 |
| 31 | 14.1 | 19.4 | 12.9 | 15.5 | 12.4 | 19.6 | 10.5 | 12.8 | 9.3 | 10.9 | 14.3 | 13.9 | 15.2 | 14.5 |
| Moy. | 14.72 | 21.94 | 16.91 | 17.86 | 11.94 | 23.26 | 13.39 | 16.74 | 14.07 | 14.74 | 720.94 | 720.45 | 720.62 | 720.67 |

Moy. $\frac{1}{4}.(7 + 1 + 2 \times 9)$ : 17.62

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages ; 10 = tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 84 | 47 | 60 | 64 | NE 1 | SW 1 | N 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 13.5 | . |
| 2 | 86 | 59 | 79 | 75 | SE 1 | NW 1 | W 1 | 10 | 7 | 8 | 8 | 1.9$_5$ | 5.1 |
| 3 | 68 | 58 | 59 | 62 | NW 1 | NW 3 | N 3 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8.7 | . |
| 4 | 76 | 68 | 70 | 71 | E 1 | E 1 | NE 2 | 8 | 7 | 5 | 7 | 3.5$_5$ | . |
| 5 | 78 | 57 | 74 | 70 | NE 2 | E 3 | NE 3 | 2 | 10 | 4 | 5 | 6.5 | . |
| 6 | 83 | 61 | 70 | 71 | NE 1 | NE 2 | NE 2 | 10 | 4 | 0 | 5 | 6.1$_5$ | . |
| 7 | 92 | 59 | 71 | 74 | NE 1 | SE 1 | NE 1 | 10 | 1 | 0 | 4 | 9.5$_5$ | . |
| 8 | 92 | 44 | 71 | 69 | N 0 | SW 1 | NW 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 10.4$_5$ | 19.0 |
| 9 | 94 | 94 | 83 | 90 | W 1 | SW 1 | N 1 | 9 | 10 | 3 | 7 | 4.3 | 2.1 |
| 10 | 95 | 65 | 84 | 81 | NE 1 | SE 1 | N 1 | 8 | 8 | 3 | 6 | 3.1$_5$ | . |
| 11 | 92 | 65 | 72 | 76 | E 1 | NE 2 | NE 1 | 6 | 4 | 2 | 4 | 10.4$_5$ | . |
| 12 | 80 | 47 | 77 | 68 | NE 1 | E 2 | E 0 | 7 | 0 | 1 | 3 | 11.4$_5$ | . |
| 13 | 86 | 44 | 64 | 65 | E 1 | E 1 | N 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 11.1 | . |
| 14 | 83 | 38 | 72 | 64 | NE 1 | SW 1 | SW 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 11.8$_5$ | . |
| 15 | 89 | 48 | 59 | 65 | E 1 | SE 1 | NE 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 12.8 | . |
| 16 | 91 | 56 | 91 | 79 | NE 1 | S 1 | N 1 | 3 | 7 | 10 | 7 | 7.4$_5$ | 3.9 |
| 17 | 95 | 62 | 78 | 78 | NE 0 | SE 1 | N 1 | 9 | 3 | 9 | 7 | 9.3 | . |
| 18 | 89 | 78 | 68 | 78 | NE 1 | W 1 | W 1 | 9 | 8 | 8 | 8 | 2.6$_5$ | 11.0 |
| 19 | 69 | 50 | 57 | 59 | W 1 | SW 1 | N 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 12.4 | . |
| 20 | 89 | 51 | 79 | 73 | N 1 | SW 1 | N 1 | 7 | 2 | 0 | 3 | 10.0 | . |
| 21 | 86 | 50 | 35 | 57 | NE 1 | SW 1 | SW 3 | 6 | 6 | 8 | 7 | 9.1 | 7.9 |
| 22 | 82 | 53 | 85 | 73 | SW 2 | NW 1 | N 1 | 10 | 9 | 8 | 9 | 0.8$_5$ | . |
| 23 | 94 | 50 | 53 | 66 | E 1 | SE 1 | NE 2 | 6 | 3 | 1 | 3 | 10.0$_5$ | . |
| 24 | 85 | 52 | 61 | 66 | NE 1 | S 1 | NW 1 | 0 | 7 | 0 | 2 | 10.6 | . |
| 25 | 86 | 50 | 78 | 71 | NE 1 | SW 2 | NW 1 | 9 | 6 | 10 | 8 | 6.8 | 12.3 |
| 26 | 92 | 94 | 97 | 94 | NW 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 15.4 |
| 27 | 92 | 68 | 88 | 83 | NE 1 | E 1 | NE 1 | 9 | 8 | 8 | 8 | 0.7$_5$ | 2.4 |
| 28 | 81 | 69 | 86 | 79 | NE 1 | NE 3 | NE 2 | 9 | 7 | 10 | 9 | . | . |
| 29 | 85 | 66 | 86 | 79 | NE 2 | NE 2 | NW 0 | 10 | 6 | 3 | 6 | 8.8$_5$ | . |
| 30 | 97 | 62 | 59 | 73 | NE 1 | SW 2 | NW 3 | 5 | 4 | 10 | 6 | 7.2 | . |
| 31 | 62 | 43 | 61 | 55 | NW 3 | NW 3 | NW 2 | 3 | 4 | 7 | 5 | 10.7$_5$ | 1.5 |
| Moy. | 85.6 | 58.3 | 71.8 | 71.9 | | | | 6.0 | 5.1 | 4.5 | 5.2 | 232.2 Somme | 80.6 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — AOUT 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1,2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | o | o | o | o | o | | o | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | 14.7 | 21.9 | 16.9 | 17.6 | 6.1 | 23 | 29.8 | 8 | 720.7 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | 11.8 | 16.1 | 12.3 | 13.1 | 5.8 | 4 | 22.8 | 16 | 668.5 |
| Cernier. . . . . | 800 | 13.8 | 18.2 | 14.9 | 15.5 | 9.2 | 3 23 | 22.6 | 13 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | 12.5 | 17.7 | 13.2 | 14.1 | 6.3 | 23 | 25.4 | 16 | 679.5 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | 10.7 | 16.4 | 11.7 | 12.6 | 2.4 | 23 | 24.0 | 8 | 672.3 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 86 | 58 | 72 | 72 | 6.0 | 5.1 | 4.5 | 5.2 | 232.2 | 81 |
| Chaumont . . . . . | 89 | 72 | 85 | 82 | 6.3 | 5.2 | 4.1 | 5.2 | — | 114 |
| Cernier. . . . . | - | - | - | - | 4.9 | 5.6 | 4.3 | 4.9 | — | 47 |
| La Chaux-de-Fonds . . | 83 | 58 | 83 | 75 | 5.5 | 5.9 | 4.0 | 5.1 | 205.9 | 83 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 5.4 | 6.1 | 3.5 | 5.3 | — | 112 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 11 | 29 | 10 | 6 | 2 | 13 | 5 | 12 | 5 |
| Chaumont . . . . . | 7 | 14 | 5 | 3 | 4 | 10 | 11 | 7 | 32 |
| Cernier. . . . . | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 7 | 3 | 12 | 63 |
| La Chaux-de-Fonds . . | 3 | 37 | 4 | 4 | 5 | 28 | 0 | 3 | 9 |
| La Brévine . . . . . | 9 | 0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 13 | 12 | 51 |

# REMARQUES

## SEPTEMBRE 1909

Le 1er, pluie pendant la nuit; fort joran le soir.
2, soleil visible par moments depuis 11 h. jusqu'à 2 h.; quelques gouttes de pluie autour de 3 h. 1/2 s.
4, assez forts coups de joran à partir de 6 h. s.
5, pluie fine intermittente depuis 6 h. 3/4 m. à 7 h. s.; brouillard sur Chaumont le matin; le ciel s'éclaircit un instant entre 3 h. 1/2 et 4 h. 1/2 s.; joran le soir.
6, brouillard sur l'autre rive du lac le matin; toutes les Alpes visibles le soir; assez forts coups de joran à partir de 8 h. s.
9, pluie fine intermittente de 7 h. 1/2 à 8 h. 1/4 m.; éclairs au Nord et à l'Ouest vers 8 h. 1/2 et quelques gouttes de pluie vers 9 h. du soir.
10, brouillard sur le sol pour un moment à 6 h. 1/2 et épais sur le lac à 7 h. m.; pluie intermittente de 1 h. 1/4 à 3 h. 3/4 s. et forte pluie d'orage de 5 h. 3/4 à 8 h.; un orage éclate subitement sur nous vers 6 h. et dure jusqu'à 8 h. avec forts coups de vent NW.
13, Orage au Sud après 2 h. m. et pluie fine intermittente jusqu'à 7 h.; soleil visible par petits instants pendant l'après-midi; quelques gouttes de pluie après 4 h. 1/2 s.
14, assez fort joran de 3 h. 1/2 à 7 h. du soir.
15, pluie fine intermittente jusqu'à 11 h. m.; soleil visible par instants; coups de tonnerre au SE vers 5 h. s.
16, brumeux le matin; ciel clair pendant l'après-midi et le soir.
17, brouillard sur le sol jusqu'à 10 h. m., soleil perce vers 10 h. 1/2; brouillard sur Chaumont et sur le lac à 1 h.
18, pluie fine depuis 6 h. 3/4 à 11 h. m.
21, temps brumeux le matin; soleil perce vers 10 h.; coups de tonnerre au Nord vers 1 h. 1/2 et pluie intermittente à partir de 2 h. 1/4 s.
22, brouillard sur le lac le matin; fort vent NW de 4 h. 3/4 à 6 h. s.; coups de tonnerre au Nord à 5 h. et pluie intermittente à partir de 5 h. s.
23, pluie fine intermittente jusqu'à 7 h. m. et à partir de 1 h. 1/2 s.
24, pluie fine intermittente jusqu'à 7 h. 1/2 m.; brouillard en bas Chaumont le matin; soleil perce par moments depuis 12 h. 1/2 à 2 h. 1/2.
26, assez fort joran à partir de 3 h. s.; gouttes de pluie par moments dès 6 h. et pluie fine intermittente à partir de 8 h. 1/2 s.
27, pluie pendant la nuit; le ciel s'éclaircit vers 8 h. 1/2 s.
28, temps brumeux le matin; le soleil perce après 10 h. 1/2.
29, brouillard sur le sol jusqu'à 8 h. m.; soleil visible par moments de 10 h. 1/4 à 1 h. 1/2; pluie fine dès 8 h. s.
30, pluie intermittente jusqu'à 10 h. 1/4 m. et fine intermittente de 2 h. 1/2 à 5 h. s.; soleil visible par moments après 10 h. 1/2 et pendant l'après-midi.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 9.1 | 18.4 | 11.7 | 13.1 | 7.5 | 18.5 | 8.2 | 12.8 | 7.9 | 9.6 | 16.6 | 17.1 | 17.2 | 17.0 |
| 2 | 9.8 | 16.6 | 11.6 | 12.7 | 7.3 | 17.5 | 7.2 | 11.6 | 8.1 | 9.0 | 18.2 | 19.2 | 21.0 | 19.5 |
| 3 | 9.6 | 17.8 | 13.9 | 13.8 | 7.5 | 18.7 | 7.6 | 12.4 | 9.6 | 9.9 | 22.8 | 23.1 | 23.7 | 23.2 |
| 4 | 9.2 | 19.0 | 14.7 | 14.3 | 6.4 | 20.3 | 8.5 | 14.1 | 10.4 | 11.0 | 23.8 | 22.2 | 20.8 | 22.3 |
| 5 | 10.5 | 11.7 | 10.6 | 10.9 | 9.4 | 14.0 | 9.6 | 11.4 | 9.0 | 10.0 | 17.2 | 16.4 | 21.3 | 18.3 |
| 6 | 8.0 | 17.2 | 14.7 | 13.3 | 5.0 | 18.6 | 7.0 | 11.8 | 10.5 | 9.8 | 22.2 | 20.9 | 19.1 | 20.7 |
| 7 | 9.5 | 19.7 | 12.9 | 14.0 | 6.7 | 20.6 | 8.8 | 15.2 | 11.7 | 11.9 | 18.1 | 16.4 | 15.9 | 16.8 |
| 8 | 12.5 | 19.6 | 15.0 | 15.7 | 10.4 | 20.0 | 12.0 | 16.3 | 13.8 | 14.0 | 15.9 | 14.9 | 16.0 | 15.6 |
| 9 | 15.1 | 23.5 | 19.3 | 19.3 | 12.2 | 24.9 | 13.9 | 17.6 | 16.4 | 16.0 | 17.3 | 17.0 | 15.8 | 16.7 |
| 10 | 13.7 | 20.1 | 13.7 | 15.8 | 10.9 | 20.5 | 13.6 | 17.1 | 10.7 | 13.8 | 17.6 | 16.7 | 19.0 | 17.8 |
| 11 | 10.1 | 18.4 | 12.3 | 13.6 | 7.5 | 20.5 | 9.8 | 14.6 | 11.2 | 11.9 | 19.4 | 18.6 | 17.8 | 18.6 |
| 12 | 11.8 | 21.2 | 15.8 | 16.3 | 9.5 | 21.8 | 11.5 | 17.3 | 12.7 | 13.8 | 16.7 | 15.2 | 14.3 | 15.4 |
| 13 | 11.9 | 17.2 | 12.8 | 14.0 | 10.9 | 20.0 | 10.8 | 14.0 | 11.6 | 12.1 | 15.9 | 16.8 | 18.6 | 17.1 |
| 14 | 12.4 | 18.0 | 13.1 | 14.5 | 10.0 | 19.8 | 11.9 | 14.3 | 11.4 | 12.5 | 20.3 | 20.3 | 21.6 | 20.7 |
| 15 | 11.5 | 16.4 | 12.7 | 13.5 | 10.0 | 18.6 | 11.0 | 13.8 | 11.6 | 12.1 | 21.2 | 20.8 | 21.2 | 21.1 |
| 16 | 10.3 | 15.8 | 10.6 | 12.2 | 9.1 | 18.0 | 9.9 | 13.2 | 9.6 | 10.9 | 21.7 | 21.6 | 21.9 | 21.7 |
| 17 | 9.1 | 14.9 | 14.4 | 12.8 | 8.0 | 18.3 | 9.1 | 13.4 | 13.0 | 11.8 | 21.7 | 20.2 | 19.3 | 20.4 |
| 18 | 13.4 | 15.1 | 12.6 | 13.7 | 10.7 | 15.4 | 12.5 | 12.9 | 10.5 | 12.0 | 18.8 | 19.8 | 21.1 | 19.9 |
| 19 | 10.8 | 20.0 | 13.5 | 14.8 | 8.6 | 20.2 | 10.1 | 15.4 | 9.3 | 11.6 | 21.2 | 20.4 | 20.8 | 20.8 |
| 20 | 8.1 | 18.2 | 11.8 | 12.7 | 5.5 | 19.5 | 7.6 | 14.0 | 10.7 | 10.8 | 21.9 | 20.5 | 19.3 | 20.6 |
| 21 | 9.6 | 19.0 | 12.7 | 13.8 | 7.6 | 19.9 | 9.4 | 15.0 | 12.5 | 12.3 | 19.1 | 18.0 | 18.3 | 18.5 |
| 22 | 12.2 | 21.7 | 14.0 | 16.0 | 11.3 | 21.7 | 12.1 | 17.8 | 13.3 | 14.4 | 19.1 | 18.1 | 20.2 | 19.1 |
| 23 | 12.6 | 17.3 | 13.7 | 14.5 | 11.2 | 17.5 | 12.5 | 15.1 | 13.5 | 13.7 | 21.6 | 23.2 | 25.8 | 23.5 |
| 24 | 13.5 | 18.4 | 13.8 | 15.2 | 12.6 | 19.5 | 13.3 | 14.4 | 12.9 | 13.5 | 26.4 | 26.2 | 26.4 | 26.3 |
| 25 | 12.7 | 21.6 | 15.[illegible] | 16.5 | 11.2 | 21.7 | 12.2 | 17.1 | 11.7 | 13.7 | 24.8 | 24.0 | 23.0 | 23.9 |
| 26 | 11.7 | 19.4 | 11.6 | 14.2 | 9.5 | 19.8 | 11.3 | 15.2 | 9.6 | 12.0 | 21.8 | 20.4 | 21.0 | 21.1 |
| 27 | 10.5 | 14.7 | 10.8 | 12.0 | 9.4 | 15.7 | 10.2 | 12.2 | 9.2 | 10.5 | 21.0 | 21.3 | 21.9 | 21.4 |
| 28 | 9.1 | 17.1 | 12.0 | 12.7 | 7.4 | 17.1 | 8.6 | 13.7 | 10.1 | 10.6 | 22.0 | 20.8 | 20.4 | 21.1 |
| 29 | 8.5 | 16.7 | 12.2 | 12.5 | 6.9 | 16.9 | 8.4 | 13.6 | 11.7 | 11.2 | 19.2 | 17.9 | 17.1 | 18.1 |
| 30 | 12.0 | 13.7 | 10.5 | 12.1 | 9.9 | 16.5 | 11.8 | 12.5 | 9.8 | 11.4 | 14.9 | 16.8 | 18.3 | 16.7 |
| Moy. | 10.96 | 17.95 | 13.14 | 14.02 | 9.00 | 19.07 | 10.35 | 14.33 | 11.13 | 11.93 | 719.95 | 719.49 | 719.94 | 719.80 |

Moy. $\frac{1}{4}\cdot(7 + 1 + 2 \times 9)$: 13.80

| Jours | Humidité relative en % 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Vent, Direction et intensité 7 h. | 1 h. | 9 h. | Nébulosité 0 = sans nuages ; 10 = tout-à-fait couvert 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 88 | 50 | 57 | 65 | NW 1 | SE 1 | N 3 | 3 | 7 | 7 | 6 | 7.2$_5$ | . |
| 2 | 67 | 52 | 59 | 59 | N 2 | E 2 | NE 2 | 10 | 8 | 9 | 9 | 1.7$_5$ | . |
| 3 | 74 | 51 | 54 | 60 | E 2 | NE 2 | NE 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11.6$_5$ | . |
| 4 | 91 | 56 | 56 | 68 | NE 1 | SW 1 | NW 1 | 0 | 1 | 3 | 1 | 11.4$_5$ | . |
| 5 | 88 | 96 | 80 | 88 | SW 3 | SW 2 | N 1 | 10 | 10 | 5 | 8 | 0.7 | 7.0 |
| 6 | 86 | 50 | 57 | 64 | NE 0 | SW 1 | N 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.5$_5$ | . |
| 7 | 91 | 60 | 86 | 79 | E 1 | SW 1 | N 1 | 5 | 8 | 0 | 4 | 4.6$_5$ | . |
| 8 | 94 | 70 | 87 | 84 | NE 1 | SW 1 | N 1 | 10 | 7 | 10 | 9 | 1.5$_5$ | . |
| 9 | 87 | 54 | 73 | 71 | NE 1 | NE 2 | NE 0 | 7 | 7 | 8 | 8 | 6.2 | 0.3 |
| 10 | 99 | 72 | 68 | 80 | NE 1 | NW 1 | NW 2 | 3 | 10 | 4 | 6 | 2.0$_5$ | 19.9 |
| 11 | 96 | 64 | 87 | 82 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 4 | 9 | 0 | 4 | 7.6$_5$ | . |
| 12 | 96 | 67 | 69 | 77 | E 1 | SE 1 | NW 1 | 6 | 5 | 3 | 5 | 6.2$_5$ | 3.4 |
| 13 | 87 | 69 | 86 | 81 | NW 1 | NW 1 | N 1 | 10 | 9 | 5 | 8 | 0.5 | . |
| 14 | 94 | 65 | 81 | 80 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 8 | 9 | 8 | 8 | 3.7$_5$ | . |
| 15 | 84 | 74 | 87 | 82 | NE 0 | E 1 | N 1 | 10 | 8 | 8 | 9 | 1.1$_5$ | 1.2 |
| 16 | 95 | 74 | 87 | 85 | E 1 | SE 1 | N 0 | 10 | 9 | 0 | 6 | 3.8 | . |
| 17 | 100 | 84 | 84 | 89 | NW 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 9 | 10 | 10 | 2.5$_5$ | . |
| 18 | 90 | 76 | 76 | 81 | NW 1 | SW 1 | SW 1 | 10 | 9 | 4 | 8 | . | 3.2 |
| 19 | 92 | 60 | 55 | 69 | NE 1 | SE 1 | N 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 11.0 | . |
| 20 | 93 | 61 | 87 | 80 | E 1 | SW 1 | N 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 10.5$_5$ | . |
| 21 | 97 | 64 | 98 | 86 | NE 1 | SW 1 | NW 1 | 8 | 5 | 4 | 6 | 4.0 | 3.9 |
| 22 | 99 | 67 | 92 | 86 | NE 1 | NE 1 | NW 1 | 7 | 7 | 10 | 8 | 4.2 | 4.3 |
| 23 | 99 | 78 | 98 | 92 | NW 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 4.7 |
| 24 | 98 | 63 | 90 | 84 | N 0 | N 2 | N 1 | 10 | 5 | 9 | 8 | 2.1$_5$ | . |
| 25 | 94 | 62 | 64 | 73 | NE 1 | SE 1 | NW 2 | 9 | 5 | 6 | 7 | 7.0$_5$ | . |
| 26 | 95 | 62 | 76 | 78 | NE 1 | S 1 | NW 2 | 6 | 3 | 10 | 6 | 6.9 | 1.5 |
| 27 | 96 | 74 | 80 | 83 | N 1 | NE 1 | NW 1 | 8 | 10 | 2 | 7 | . | . |
| 28 | 93 | 67 | 77 | 79 | NE 1 | E 1 | NE 1 | 10 | 3 | 6 | 6 | 5.7$_5$ | . |
| 29 | 99 | 69 | 94 | 87 | NE 1 | S 1 | NW 1 | 10 | 9 | 10 | 10 | 2.6 | 14.3 |
| 30 | 98 | 86 | 92 | 92 | W 0 | W 1 | NW 1 | 10 | 9 | 8 | 9 | 0.5$_5$ | 9.6 |
| Moy. | 92.0 | 66.6 | 77.9 | 78.8 | | | | 6.9 | 6.5 | 5.3 | 6.3 | 139.2 Somme | 73.3 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — SEPTEMBRE 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1, 2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m | ° | ° | ° | ° | ° | | ° | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | 11.0 | 17.9 | 13.1 | 13.8 | 5.0 | 6 | 24.9 | 9 | 719.8 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | 8.4 | 12.5 | 8.7 | 9.6 | 3.8 | 2 | 17.8 | 9 | 667.0 |
| Cernier . . . . . | 800 | 10.4 | 15.7 | 11.3 | 12.2 | 6.4 | 6 | 22.5 | 9 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | 8.0 | 13.9 | 9.3 | 10.1 | 2.8 | 6 | 21.6 | 9 | 678.2 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | 6.4 | 12.6 | 8.4 | 8.9 | - 0.8 | 20 | 20.0 | 9 | 671.0 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 92 | 67 | 78 | 79 | 6.9 | 6.5 | 5.3 | 6.3 | 139.2 | 73 |
| Chaumont . . . . . | 93 | 76 | 90 | 86 | 6.5 | 6.8 | 5.6 | 6.3 | — | 105 |
| Cernier . . . . . | - | - | - | - | 5.3 | 6.7 | 5.3 | 5.8 | — | 97 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 92 | 63 | 90 | 82 | 6.1 | 7.1 | 4.0 | 5.7 | 137.2 | 139 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 6.8 | 6.9 | 6.0 | 6.6 | — | 131 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 15 | 22 | 8 | 5 | 2 | 12 | 1 | 19 | 6 |
| Chaumont . . . . . | 18 | 7 | 8 | 2 | 2 | 6 | 14 | 9 | 24 |
| Cernier . . . . . | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 14 | 1 | 3 | 68 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 5 | 28 | 2 | 1 | 5 | 32 | 2 | 0 | 15 |
| La Brévine . . . . . | 1 | 2 | 0 | 6 | 2 | 0 | 5 | 7 | 67 |

# REMARQUES

## OCTOBRE 1909

Le 1er, temps brumeux le matin; soleil visible de 10 h. à 2 h.; pluie intermittente à partir de 4 h. 1/2 s.
2, soleil visible par instants jusqu'à 8 h. 1/2; pluie intermittente jusqu'à 8 h. 1/4 m. et à partir de 11 h. m.
3, pluie pendant la nuit et à partir de 4 h. s.; les Alpes visibles vers le soir.
4, pluie intermittente jusqu'à 10 h. m. et à partir de 8 h. 1/4 s.; soleil visible par moments le matin.
5, pluie pendant la nuit et pluie intermittente à partir de 1 h. 3/4.
6, pluie jusqu'à 9 h. m. et à partir de 1 h.
7, pluie fine intermittente jusqu'à 6 h. 1/2 m.; brouillard sur Chaumont à 7 h. m.; soleil perce par moments à partir de 9 h. et le ciel s'éclaircit vers 10 h. m.
8, pluie intermittente à partir de 8 h. 1/2 m.; brumeux le matin.
9, pluie pendant la nuit.
11, faible brouillard sur le sol jusqu'à 10 h. m. et en bas Chaumont et sur le lac à 1 h.
12, brouillard sur Chaumont le matin; soleil visible par moments de 10 h. 1/2 à 2 h. 1/2.
13, gouttes de pluie pendant la nuit et par moments entre 8 h. et 9 h. m.; soleil visible par instants à partir de 9 h. 3/4.
14, pluie intermittente jusqu'à 3 h. 1/4; faible brouillard sur le sol jusqu'à 9 h. m.; fort vent NW dès 4 h.
17, brouillard sur le sol jusqu'à 8 h. 1/2; soleil perce vers midi.
18, brouillard sur le sol assez épais le matin, se dissipe par moments à partir de 1 h. 1/2 et le ciel s'éclaircit complètement à 7 h. 1/2 s.
19, brouillard sur le sol le matin, sauf à 7 h. où il monte pendant un moment; soleil visible par instants à partir de 12 h. 1/2 et le ciel s'éclaircit vers 1 h. 1/2.
20, brouillard sur le sol tout le jour, très épais le matin et le soir.
21, brouillard épais sur le sol jusqu'à 1 h.; le ciel s'éclaircit après 2 h. et se couvre de nouveau vers 8 h. 1/2 s.
22, pluie pendant la nuit.
23, sommets des Alpes visibles l'après-midi.
24, assez fort vent d'Ouest à partir de 6 h. 1/2 m.; toutes les Alpes visibles le matin.
25, sommet de Chaumont blanc de neige le matin; pluie fine intermittente tout le jour; soleil visible par petits instants.
26, pluie pendant la nuit.
27, gouttes de pluie par moments jusqu'à 7 h. m.
28, gouttes de pluie par moments à partir de 6 h. 1/2 m. et pluie fine intermittente dès 10 h. 1/2; toutes les Alpes visibles le matin; fort vent NW depuis 11 h. 1/2 m. à 4 h.
29, brouillard sur le sol de 7 h. 1/2 à 11 h. m. et ensuite en bas Chaumont pendant tout le jour; pluie fine intermittente à partir de 9 h. m.
30, pluie pendant la nuit.
31, brouillard sur Chaumont; le ciel s'éclaircit complètement dans la soirée.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 9.2 | 14.9 | 11.3 | 11.8 | 7.5 | 16.1 | 9.0 | 12.5 | 11.2 | 10.9 | 16.3 | 14.6 | 12.0 | 14.3 |
| 2 | 12.8 | 13.5 | 12.2 | 12.8 | 10.7 | 14.2 | 12.1 | 11.4 | 11.6 | 11.7 | 15.0 | 17.5 | 20.6 | 17.7 |
| 3 | 11.2 | 18.1 | 13.3 | 14.2 | 10.2 | 19.3 | 11.0 | 15.2 | 13.0 | 13.1 | 23.9 | 23.5 | 23.2 | 23.5 |
| 4 | 14.9 | 19.0 | 16.5 | 16.8 | 12.6 | 20.4 | 13.9 | 15.6 | 14.6 | 14.7 | 22.5 | 22.2 | 20.7 | 21.8 |
| 5 | 16.1 | 20.4 | 14.8 | 17.1 | 13.9 | 20.7 | 13.9 | 15.6 | 14.0 | 14.5 | 17.9 | 15.4 | 15.3 | 16.2 |
| 6 | 12.8 | 15.3 | 12.5 | 13.5 | 11.8 | 15.7 | 12.6 | 13.6 | 12.5 | 12.9 | 16.2 | 17.4 | 19.0 | 17.5 |
| 7 | 12.0 | 19.4 | 11.7 | 14.4 | 10.9 | 19.4 | 11.8 | 15.2 | 11.3 | 12.8 | 21.0 | 21.4 | 22.5 | 21.6 |
| 8 | 11.1 | 14.2 | 13.6 | 13.0 | 9.5 | 16.3 | 11.0 | 11.8 | 10.9 | 11.2 | 22.0 | 20.9 | 22.1 | 21.7 |
| 9 | 10.2 | 15.0 | 9.1 | 11.4 | 8.0 | 15.0 | 9.8 | 10.7 | 6.9 | 9.1 | 25.3 | 25.4 | 25.8 | 25.5 |
| 10 | 7.6 | 13.4 | 8.6 | 9.9 | 5.2 | 14.0 | 7.2 | 10.5 | 6.7 | 8.1 | 24.7 | 23.9 | 23.4 | 24.0 |
| 11 | 5.3 | 8.3 | 6.7 | 6.8 | 4.0 | 9.1 | 5.1 | 7.4 | 6.1 | 6.2 | 22.7 | 22.1 | 22.5 | 22.4 |
| 12 | 7.5 | 12.2 | 8.5 | 9.4 | 6.1 | 13.6 | 7.1 | 10.6 | 8.3 | 8.7 | 22.4 | 21.5 | 21.8 | 21.9 |
| 13 | 8.9 | 17.0 | 12.3 | 12.7 | 7.3 | 18.4 | 8.9 | 14.4 | 11.9 | 11.7 | 22.9 | 22.4 | 22.3 | 22.5 |
| 14 | 12.0 | 12.5 | 10.5 | 11.7 | 9.9 | 13.7 | 12.0 | 12.2 | 8.0 | 10.7 | 21.7 | 23.2 | 24.8 | 23.2 |
| 15 | 6.6 | 15.4 | 7.4 | 9.8 | 6.0 | 15.9 | 6.1 | 12.0 | 7.1 | 8.4 | 24.9 | 23.3 | 23.4 | 23.9 |
| 16 | 4.7 | 11.7 | 7.5 | 8.0 | 4.1 | 14.9 | 4.7 | 10.2 | 7.3 | 7.4 | 22.9 | 21.6 | 20.6 | 21.7 |
| 17 | 7.3 | 13.3 | 8.4 | 9.7 | 5.3 | 13.7 | 7.2 | 11.6 | 8.2 | 9.0 | 19.8 | 18.7 | 18.2 | 18.9 |
| 18 | 7.4 | 10.5 | 7.8 | 8.6 | 5.7 | 12.6 | 7.4 | 10.0 | 7.8 | 8.4 | 18.2 | 18.3 | 19.7 | 18.7 |
| 19 | 8.3 | 11.7 | 9.4 | 9.8 | 6.6 | 14.3 | 8.3 | 11.2 | 9.2 | 9.6 | 22.4 | 22.8 | 23.6 | 22.9 |
| 20 | 7.5 | 10.8 | 9.1 | 9.1 | 6.5 | 11.0 | 7.5 | 10.6 | 9.1 | 9.1 | 23.8 | 23.1 | 22.3 | 23.1 |
| 21 | 8.5 | 10.4 | 10.3 | 9.7 | 7.4 | 12.3 | 8.5 | 10.0 | 10.3 | 9.6 | 22.7 | 23.0 | 24.5 | 23.4 |
| 22 | 10.2 | 11.6 | 9.3 | 10.4 | 8.7 | 12.4 | 8.2 | 10.1 | 8.4 | 8.9 | 27.5 | 27.8 | 27.8 | 27.7 |
| 23 | 6.1 | 14.6 | 7.2 | 9.3 | 5.2 | 15.0 | 5.8 | 11.6 | 6.9 | 8.1 | 26.5 | 24.6 | 22.0 | 24.4 |
| 24 | 10.2 | 14.5 | 8.7 | 11.1 | 5.1 | 14.8 | 7.9 | 9.1 | 6.4 | 7.8 | 20.5 | 21.4 | 21.2 | 21.0 |
| 25 | 4.4 | 6.6 | 4.5 | 5.2 | 2.9 | 7.4 | 3.5 | 4.2 | 3.1 | 3.6 | 19.7 | 19.2 | 18.8 | 19.2 |
| 26 | 2.6 | 8.5 | 5.3 | 5.5 | 0.7 | 9.3 | 2.3 | 6.2 | 4.2 | 4.2 | 16.8 | 14.6 | 12.3 | 14.6 |
| 27 | 4.8 | 9.4 | 6.5 | 6.9 | 4.0 | 10.0 | 4.4 | 7.3 | 5.5 | 5.7 | 11.2 | 09.5 | 08.8 | 09.8 |
| 28 | 6.5 | 9.9 | 8.6 | 8.3 | 4.8 | 11.3 | 6.2 | 8.2 | 8.6 | 7.7 | 09.3 | 10.8 | 13.7 | 11.3 |
| 29 | 7.3 | 9.9 | 7.7 | 8.3 | 5.4 | 10.0 | 7.2 | 9.7 | 7.7 | 8.2 | 14.3 | 14.4 | 15.3 | 14.7 |
| 30 | 7.1 | 12.0 | 9.3 | 9.5 | 5.9 | 12.0 | 6.7 | 10.3 | 8.7 | 8.6 | 15.5 | 15.2 | 15.6 | 15.4 |
| 31 | 8.1 | 11.1 | 6.9 | 8.7 | 6.5 | 12.9 | 7.8 | 9.4 | 6.5 | 7.9 | 16.5 | 16.6 | 18.6 | 17.2 |
| Moy. | 8.68 | 13.07 | 9.53 | 10.43 | 7.05 | 14.05 | 8.23 | 10.92 | 8.77 | 9.31 | 720.23 | 719.88 | 720.08 | 720.05 |

Moy. 1/4. (7 + 1 + 2 × 9) : 10.20

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages ; 10 = tout-à-fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 97 | 75 | 99 | 90 | NE 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 8 | 10 | 9 | 2.5$_5$ | 18.0 |
| 2 | 92 | 77 | 93 | 87 | SW 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.5$_5$ | 9.4 |
| 3 | 97 | 72 | 97 | 89 | SW 1 | SW 2 | W 1 | 7 | 6 | 10 | 8 | 3.7 | 16.7 |
| 4 | 89 | 68 | 81 | 79 | SW 2 | SW 2 | W 2 | 6 | 9 | 10 | 8 | 3.3$_5$ | 4.0 |
| 5 | 77 | 59 | 92 | 76 | SW 1 | W 3 | NW 1 | 3 | 6 | 10 | 6 | 4.7 | 22.5 |
| 6 | 98 | 82 | 100 | 93 | W 1 | SW 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 5.5 |
| 7 | 98 | 62 | 95 | 85 | NE 1 | S 1 | N 1 | 10 | 3 | 7 | 7 | 7.3$_5$ | . |
| 8 | 98 | 75 | 71 | 81 | NW 1 | SW 3 | W 2 | 10 | 10 | 6 | 9 | . | 9.4 |
| 9 | 95 | 56 | 72 | 74 | SW 1 | NW 2 | NW 1 | 8 | 3 | 3 | 5 | 5.2$_5$ | . |
| 10 | 94 | 68 | 75 | 79 | NE 1 | NE 2 | NE 1 | 7 | 4 | 0 | 4 | 8.4$_5$ | . |
| 11 | 97 | 88 | 91 | 92 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 12 | 94 | 81 | 97 | 91 | NE 1 | SE 1 | NW 0 | 10 | 9 | 3 | 7 | 0.7 | . |
| 13 | 100 | 74 | 95 | 90 | NE 0 | SW 1 | NW 1 | 10 | 4 | 0 | 5 | 5.0 | 3.1 |
| 14 | 100 | 97 | 70 | 89 | SE 0 | SW 1 | NE 2 | 10 | 10 | 7 | 9 | . | 6.0 |
| 15 | 93 | 65 | 96 | 85 | NW 1 | S 1 | N 1 | 3 | 7 | 0 | 3 | 4.8 | . |
| 16 | 100 | 82 | 97 | 93 | N 1 | SE 1 | N 1 | 5 | 7 | 0 | 4 | 4.3 | . |
| 17 | 98 | 81 | 97 | 92 | NE 0 | SE 0 | N 0 | 10 | 4 | 0 | 5 | 3.8$_5$ | . |
| 18 | 100 | 94 | 100 | 98 | NW 1 | SW 1 | NW 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0.7 | . |
| 19 | 100 | 94 | 97 | 97 | SW 1 | SE 1 | N 0 | 10 | 7 | 0 | 6 | 3.2$_5$ | . |
| 20 | 100 | 97 | 100 | 99 | N 1 | SE 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 21 | 100 | 95 | 100 | 98 | N 0 | S 1 | NW 0 | 10 | 10 | 8 | 9 | 2.3$_5$ | 1.6 |
| 22 | 75 | 82 | 88 | 82 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 7 | 10 | 8 | 8 | . | . |
| 23 | 96 | 68 | 96 | 87 | NW 1 | SW 1 | NW 1 | 6 | 3 | 0 | 3 | 8.9 | . |
| 24 | 72 | 46 | 70 | 63 | W 2 | W 3 | NW 2 | 3 | 4 | 7 | 5 | 7.5$_5$ | 2.3 |
| 25 | 86 | 66 | 78 | 77 | W 2 | SW 2 | NW 1 | 8 | 9 | 9 | 9 | . | 3.7 |
| 26 | 95 | 70 | 83 | 83 | NE 1 | SE 1 | N 1 | 9 | 4 | 10 | 8 | 3.5 | . |
| 27 | 93 | 73 | 86 | 84 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 9 | 9 | 9 | . | . |
| 28 | 96 | 78 | 100 | 91 | S 1 | N 3 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 11.3 |
| 29 | 98 | 97 | 100 | 98 | N 1 | NE 1 | NW 1 | 9 | 10 | 10 | 10 | . | 12.0 |
| 30 | 94 | 80 | 92 | 89 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 7 | 6 | 10 | 8 | 1.0 | . |
| 31 | 96 | 79 | 94 | 90 | NE 1 | E 1 | N 1 | 10 | 10 | 2 | 7 | 2.0$_5$ | . |
| Moy. | 94.1 | 76.8 | 90.4 | 87.1 | | | | 8.3 | 7.5 | 6.4 | 7.5 | 83.8$_5$ Somme | 125.5 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — OCTOBRE 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1, 2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | o | o | o | o | o | | o | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | 8.7 | 13.1 | 9.5 | 10.2 | 0.7 | 26 | 20.7 | 5 | 720.0 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | 6.4 | 9.7 | 6.9 | 7.5 | - 1.4 | 25 26 | 15.0 | 5 19 | 666.8 |
| Cernier. . . . . | 800 | 6.8 | 12.0 | 8.1 | 8.7 | - 5.7 | 26 | 18.3 | 5 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | 6.1 | 11.5 | 7.1 | 8.0 | - 3.8 | 26 | 17.6 | 12 | 677.8 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | 4.4 | 10.5 | 6.0 | 6.8 | - 5.0 | 26 | 16.4 | 12 | 670.6 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 94 | 77 | 90 | 87 | 8.3 | 7.5 | 6.4 | 7.5 | 83.8 | 126 |
| Chaumont . . . . . | 94 | 80 | 92 | 89 | 6.6 | 7.3 | 5.7 | 6.5 | — | 156 |
| Cernier. . . . . | - | - | - | - | 6.5 | 7.0 | 6.4 | 6.6 | — | 184 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 91 | 68 | 91 | 83 | 6.5 | 6.5 | 5.3 | 6.1 | 135.0 | 226 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 7.1 | 6.4 | 5.1 | 6.2 | — | 186 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 13 | 20 | 1 | 5 | 4 | 17 | 8 | 15 | 10 |
| Chaumont . . . . . | 7 | 6 | 6 | 6 | 8 | 26 | 14 | 4 | 16 |
| Cernier. . . . . | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 16 | 2 | 1 | 73 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 0 | 10 | 2 | 12 | 8 | 46 | 3 | 1 | 11 |
| La Brévine . . . . . | 0 | 1 | 1 | 3 | 12 | 3 | 13 | 4 | 56 |

# REMARQUES

## NOVEMBRE 1909

Le 2, brouillard sur le sol le matin; temps brumeux pendant le reste de la journée.
3, brouillard en bas Chaumont le matin.
4, le ciel s'éclaircit complètement vers le soir.
5, les Alpes bernoises et fribourgeoises visibles l'après-midi.
6, la bise tombe vers midi.
7, brouillard épais sur le sol le matin et le soir, plus faible pendant le jour.
8, pluie très fine intermittente jusqu'à 7 h. $^1/_2$ m.; temps brumeux; la bise souffle plus fort dans la soirée.
9, brouillard sur Chaumont le matin.
10, ciel couvert le matin et à partir de 9 h. s.
11, grésil après midi, un moment entre 3 h. et 3 h. $^1/_2$ et le soir entre 6 h. et 7 h.
12, gouttes de pluie par moments entre 4 h. et 5 h.
13, toutes les Alpes visibles; vent NW extrêmement fort pendant l'après-midi, tombe vers le soir.
14, gouttes de pluie dans la soirée.
15, pluie intermittente tout le jour.
16, pluie intermittente jusqu'à 11 h. $^1/_2$ m.
17, le ciel s'éclaircit dans la soirée.
18, neige fine depuis 7 h. m. à 5 h. s.
19, brouillard sur Chaumont à 1 h. et en bas Chaumont vers le soir; pluie fine intermittente depuis 2 h. $^1/_2$ à 4 h. s.
20, pluie pendant la nuit; brouillard en bas Chaumont.
21, bise pendant la matinée et joran l'après-midi.
22, flocons de neige fine pendant la nuit; assez forts coups de joran par moments pendant la journée.
23, couche de neige très faible sur le sol le matin; flocons de neige fine vers le soir.
24, toutes les Alpes visibles le matin; neige fine intermittente de 8 h. $^1/_2$ m. à 5 h. s.
25, flocons de neige dans la soirée.
29, toutes les Alpes visibles tout le jour.
30, toutes les Alpes visibles tout le jour; assez forts coups de vent NW dans la soirée et pluie à partir de 7 h. $^3/_4$.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 7.5 | 12.7 | 7.3 | 9.2 | 5.2 | 13.5 | 7.4 | 10.5 | 7.0 | 8.3 | 20.9 | 21.7 | 22.2 | 21.6 |
| 2 | 6.4 | 8.1 | 7.2 | 7.2 | 4.8 | 8.6 | 6.4 | 7.8 | 6.9 | 7.0 | 21.3 | 19.9 | 18.7 | 20.0 |
| 3 | 6.3 | 7.4 | 7.3 | 7.0 | 5.4 | 7.7 | 5.5 | 6.2 | 6.2 | 6.0 | 17.9 | 16.5 | 17.3 | 17.2 |
| 4 | 7.1 | 10.2 | 6.8 | 8.0 | 5.8 | 11.0 | 5.2 | 7.0 | 4.5 | 5.6 | 17.4 | 18.1 | 18.9 | 18.1 |
| 5 | 2.9 | 9.0 | 4.1 | 5.3 | 2.1 | 9.5 | 1.6 | 4.8 | 2.0 | 2.8 | 20.5 | 19.4 | 19.6 | 19.8 |
| 6 | 1.4 | 7.0 | 0.3 | 2.9 | - 0.2 | 7.0 | - 0.4 | 4.6 | 0.0 | 1.4 | 18.5 | 18.8 | 19.6 | 19.0 |
| 7 | 0.5 | 2.5 | 1.7 | 1.6 | - 1.4 | 3.1 | 0.5 | 2.2 | 1.7 | 1.5 | 19.4 | 18.5 | 19.1 | 19.0 |
| 8 | 1.8 | 4.1 | 3.2 | 3.0 | 0.5 | 4.3 | 1.8 | 2.9 | 1.7 | 2.1 | 20.1 | 20.4 | 22.5 | 21.0 |
| 9 | 1.3 | 3.1 | 2.0 | 2.1 | 0.7 | 3.4 | 0.5 | 1.2 | 0.3 | 0.7 | 23.5 | 23.1 | 22.3 | 23.0 |
| 10 | 1.2 | 6.7 | 2.7 | 3.5 | - 0.6 | 7.0 | - 0.5 | 4.0 | 0.7 | 1.4 | 21.0 | 20.2 | 19.7 | 20.3 |
| 11 | 2.7 | 4.9 | 1.5 | 3.0 | 1.0 | 6.0 | 1.1 | 2.6 | 0.8 | 1.5 | 21.1 | 21.9 | 22.6 | 21.9 |
| 12 | 2.8 | 4.9 | 5.2 | 4.3 | 0.6 | 6.0 | 0.9 | 2.9 | 4.0 | 2.6 | 22.1 | 21.0 | 18.9 | 20.7 |
| 13 | 2.4 | 7.4 | 3.2 | 4.3 | 1.7 | 8.4 | 1.6 | 4.0 | 1.7 | 2.4 | 15.2 | 12.3 | 13.8 | 13.8 |
| 14 | 1.3 | 7.0 | 4.2 | 4.2 | 0.0 | 7.0 | 0.8 | 4.8 | 3.4 | 3.0 | 12.8 | 10.9 | 9.1 | 10.9 |
| 15 | 4.2 | 9.2 | 6.7 | 6.7 | 2.8 | 9.3 | 3.8 | 8.5 | 6.7 | 6.3 | 7.6 | 8.1 | 9.6 | 8.4 |
| 16 | 4.5 | 5.1 | 4.7 | 4.8 | 3.5 | 6.0 | 4.0 | 3.4 | 2.7 | 3.4 | 9.2 | 10.0 | 10.3 | 9.8 |
| 17 | 3.0 | 4.4 | 1.9 | 3.1 | 1.6 | 4.9 | 2.5 | 3.4 | 1.5 | 2.5 | 10.7 | 10.6 | 11.5 | 10.9 |
| 18 | 1.2 | 0.0 | - 0.3 | 0.3 | - 0.8 | 1.4 | 0.5 | - 0.4 | - 1.0 | - 0.3 | 11.6 | 12.8 | 14.8 | 13.1 |
| 19 | 0.2 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | - 0.8 | 1.1 | - 0.4 | 0.1 | 0.5 | 0.1 | 17.7 | 19.0 | 19.5 | 18.7 |
| 20 | 1.5 | 3.9 | 3.0 | 2.8 | 0.3 | 4.0 | 1.4 | 3.5 | 2.8 | 2.6 | 20.0 | 19.3 | 18.2 | 19.2 |
| 21 | 1.9 | 7.3 | 0.5 | 3.2 | 0.0 | 7.4 | 1.4 | 4.1 | - 0.8 | 1.6 | 14.5 | 12.9 | 11.0 | 12.8 |
| 22 | 1.4 | 3.4 | - 1.6 | 1.1 | - 2.3 | 3.9 | - 0.6 | 0.6 | - 3.0 | - 1.0 | 10.9 | 12.1 | 15.8 | 12.9 |
| 23 | - 3.4 | - 0.6 | - 2.4 | - 2.1 | - 4.4 | 1.0 | - 3.9 | - 2.2 | - 4.2 | - 3.4 | 18.9 | 21.5 | 25.5 | 22.0 |
| 24 | - 4.0 | - 1.6 | - 0.2 | - 1.9 | - 6.5 | 0.1 | - 5.6 | - 3.0 | - 1.3 | - 3.3 | 28.2 | 28.5 | 28.4 | 28.4 |
| 25 | 0.6 | 2.4 | 0.7 | 1.2 | - 0.8 | 2.4 | - 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | 25.7 | 24.6 | 23.8 | 24.7 |
| 26 | 0.5 | 4.0 | - 1.3 | 1.1 | - 2.0 | 4.3 | - 0.3 | 1.8 | - 1.9 | - 0.1 | 23.0 | 22.9 | 23.6 | 23.2 |
| 27 | - 3.5 | 1.8 | - 2.4 | - 1.4 | - 4.2 | 2.0 | - 3.7 | 0.4 | - 2.8 | - 2.0 | 24.1 | 23.6 | 23.7 | 23.8 |
| 28 | - 1.3 | 3.4 | 0.6 | 0.9 | - 4.0 | 3.8 | - 1.5 | 2.4 | 0.0 | 0.3 | 24.1 | 23.5 | 22.9 | 23.5 |
| 29 | 2.6 | 5.3 | 4.1 | 4.0 | - 1.0 | 5.9 | 1.2 | 3.6 | 2.4 | 2.4 | 20.7 | 19.2 | 17.1 | 19.0 |
| 30 | 1.1 | 8.0 | 5.3 | 4.8 | - 0.1 | 8.4 | 0.6 | 4.9 | 3.9 | 3.1 | 13.6 | 12.5 | 13.6 | 13.2 |
| Moy. | 1.87 | 5.06 | 2.56 | 3.16 | 0.23 | 5.61 | 1.05 | 3.25 | 1.55 | 1.96 | 718.41 | 718.13 | 718.45 | 718.33 |

Moy. $\frac{1}{4}$ . (7 + 1 + 2 × 9): 3.01

## NEUCHATEL (OBSERVATOIRE) NOVEMBRE 1909

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 = sans nuages; 10 = tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 99 | 75 | 96 | 90 | NW 1 | S 1 | NE 1 | 10 | 4 | 3 | 6 | 3.1 | . |
| 2 | 100 | 96 | 96 | 97 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 3 | 88 | 83 | 85 | 85 | NE 1 | NE 1 | NE 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 4 | 74 | 43 | 68 | 62 | NE 3 | NE 3 | NE 2 | 10 | 8 | 0 | 6 | 3.9 | . |
| 5 | 78 | 47 | 67 | 64 | NE 2 | NE 3 | NE 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 8.8 | . |
| 6 | 70 | 67 | 94 | 77 | NE 3 | SE 1 | NE 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 8.45 | . |
| 7 | 100 | 95 | 100 | 98 | NE 0 | NE 0 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.2 |
| 8 | 100 | 81 | 79 | 87 | NE 1 | NE 1 | NE 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 9 | 85 | 69 | 71 | 75 | NE 1 | NE 2 | NE 1 | 10 | 10 | 9 | 10 | . | . |
| 10 | 72 | 62 | 67 | 67 | NW 1 | SW 1 | W 1 | 10 | 2 | 10 | 7 | 6.8 | . |
| 11 | 73 | 65 | 87 | 75 | NW 1 | W 1 | NW 1 | 9 | 9 | 7 | 8 | . | 0.2 |
| 12 | 69 | 70 | 81 | 73 | W 1 | W 2 | W 2 | 10 | 10 | 7 | 9 | . | . |
| 13 | 86 | 55 | 75 | 72 | SW 2 | NW 3 | NW 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 7.6 | . |
| 14 | 91 | 70 | 87 | 83 | NE 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 3 | 10 | 8 | 2.95 | 0.7 |
| 15 | 93 | 91 | 100 | 95 | NE 0 | W 1 | NW 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 27.7 |
| 16 | 92 | 74 | 70 | 79 | W 1 | NW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 9 | 10 | . | 1.4 |
| 17 | 92 | 84 | 93 | 90 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 10 | 9 | 3 | 7 | . | . |
| 18 | 87 | 93 | 87 | 89 | NE 2 | NE 2 | NE 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 4.1 |
| 19 | 89 | 89 | 98 | 92 | NE 2 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 2.2 |
| 20 | 98 | 93 | 97 | 96 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 21 | 91 | 57 | 77 | 75 | W 1 | N 1 | NE 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 7.0 | . |
| 22 | 67 | 55 | 73 | 65 | NW 2 | NW 1 | N 1 | 7 | 5 | 7 | 6 | 6.45 | . |
| 23 | 89 | 71 | 64 | 75 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 8 | 6 | 8 | 7 | 3.6 | . |
| 24 | 65 | 73 | 80 | 73 | NW 1 | NW 1 | NW 1 | 9 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 25 | 82 | 72 | 90 | 81 | NW 1 | SW 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 26 | 86 | 66 | 88 | 80 | NE 1 | E 1 | NE 0 | 10 | 5 | 5 | 7 | 2.5 | . |
| 27 | 95 | 75 | 92 | 87 | NE 0 | S 1 | NW 0 | 5 | 3 | 0 | 3 | 4.3 | . |
| 28 | 96 | 83 | 88 | 89 | SE 1 | SE 1 | E 1 | 10 | 6 | 6 | 7 | 2.5 | . |
| 29 | 76 | 74 | 73 | 74 | W 1 | SW 1 | NW 1 | 10 | 10 | 9 | 10 | . | . |
| 30 | 91 | 59 | 79 | 76 | E 1 | SW 1 | NW 2 | 9 | 5 | 10 | 8 | 0.8 | 11.0 |
| Moy. | 85.8 | 72.9 | 83.4 | 80.7 | | | | 8.5 | 7.0 | 6.8 | 7.5 | 68.75 Somme | 47.5 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — NOVEMBRE 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSIONS ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4 (7,1, 2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | ° | ° | ° | ° | ° | | ° | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 488 | 1.9 | 5.1 | 2.6 | 3.0 | - 6.5 | 24 | 13.5 | 1 | 718.3 |
| Chaumont . . . . . | 1127 | - 1.8 | 1.2 | - 1.2 | - 0.8 | - 9.2 | 24 | 11.4 | 2 | 663.6 |
| Cernier . . . . . | 800 | - 0.4 | 3.4 | 0.6 | 1.1 | - 8.6 | 24 | 11.8 | 1 | — |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 986 | - 1.0 | 2.5 | - 0.6 | 0.1 | - 9.7 | 24 | 11.8 | 1 | 675.0 |
| La Brévine . . . . . | 1077 | - 2.5 | 1.5 | - 1.6 | - 1.1 | - 12.0 | 24 | 12.4 | 2 | 667.8 |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 86 | 73 | 83 | 81 | 8.5 | 7.0 | 6.8 | 7.5 | 68.7 | 48 |
| Chaumont . . . . . | 93 | 82 | 95 | 90 | 7.5 | 6.4 | 6.2 | 6.7 | — | 67 |
| Cernier . . . . . | - | - | - | - | 7.9 | 6.5 | 6.5 | 7.0 | — | 54 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 90 | 77 | 92 | 86 | 7.1 | 6.7 | 6.4 | 6.7 | 79.6 | 63 |
| La Brévine . . . . . | - | - | - | - | 7.4 | 6.0 | 5.3 | 6.2 | — | 61 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) . | 6 | 37 | 3 | 3 | 2 | 6 | 9 | 18 | 6 |
| Chaumont . . . . . | 16 | 7 | 10 | 3 | 3 | 11 | 28 | 8 | 4 |
| Cernier . . . . . | 0 | 6 | 3 | 1 | 0 | 12 | 2 | 0 | 66 |
| La Chaux-de-Fonds . . . | 0 | 34 | 10 | 5 | 9 | 29 | 0 | 0 | 3 |
| La Brévine . . . . . | 6 | 0 | 7 | 3 | 5 | 0 | 13 | 3 | 53 |

# REMARQUES

## DÉCEMBRE 1909

Le 1er, pluie jusqu'à 7 h. m. et à partir de 8 h. s.; toutes les Alpes visibles à 1 h.; très fort vent d'Ouest dans la soirée.
2, pluie et fort vent d'Ouest pendant la nuit; pluie intermittente dès 12 h. 1/4.
3, pluie pendant la nuit et à partir de 3 h. s.; vent d'Ouest très fort pendant l'après-midi.
4, pluie faible pendant la nuit; toutes les Alpes visibles à 1 h.
5, pluie fine intermittente jusqu'à midi; brouillard sur Chaumont à 7 h. m.
6, toutes les Alpes visibles le matin et avec Pilate à 1 h.; forts coups de vent d'Ouest à partir de 2 h. 1/2 s. et pluie fine intermittente dès 6 h. s.
7, pluie fine intermittente à partir de 9 h. m., mêlée de neige dès 12 h. 1/2; neige en gros flocons de 12 h. 1/2 à 2 h.; les Alpes avec Pilate visibles le matin; soleil visible un moment pendant l'après-midi.
8, neige mêlée de pluie pendant la nuit; neige fine intermittente à partir de 8 h. 1/2 m.; environ 6 cm. à 9 h. s.
9, neige fine pendant la nuit et par moments dans la matinée.
12, brouillard sur Chaumont à 7 h. m. et en bas Chaumont à 1 h.
13, gouttes de pluie très fine mêlée de grésil fin par moments dans la soirée.
14, brouillard en bas Chaumont.
15, brouillard en bas Chaumont.
16, temps brumeux; brouillard sur le sol le soir.
17, brouillard épais et givre sur le sol jusqu'à 11 h. m.; brise SW sur le lac à 1 h.
18, pluie intermittente tout le jour.
19, pluie fine intermittente jusqu'à 4 h. 1/2 s.; brouillard en bas Chaumont le matin et un moment sur le sol pendant l'après-midi; le soir le brouillard se dissipe.
20, pluie intermittente tout le jour mêlée de neige dès 6 h. 1/2 s.; vers midi il y a pendant un moment de très forts coups de joran mêlé au vent d'Ouest.
21, pluie mêlée de neige pendant la nuit et pluie fine intermittente depuis 7 h. 1/2 m. à 2 h. s.
22, gouttes de pluie par moments dans la matinée; brouillard épais sur le sol jusqu'à 11 h.; temps brumeux ensuite sauf pendant l'après-midi où le brouillard se dissipe par moments.
23, pluie fine intermittente jusqu'à 8 h. m.; la température monte très rapidement et indique 12°,4 à 8 h.; Alpes bernoises et fribourgeoises visibles vers le soir.
24, pluie pendant la nuit et pluie fine intermittente à partir de 1 h.; brouillard sur le sol par moments.
25, pluie intermittente jusqu'à 7 h. 1/2 m.; le ciel s'éclaircit complètement dans la soirée.
26, toutes les Alpes visibles; pluie fine intermittente de 6 h. à 8 h. s.
27, toutes les Alpes visibles le matin; pluie fine intermittente à partir de 10 h. 1/2.
28, pluie pendant la nuit et de 7 h. à 8 h. s.
29, pluie fine intermittente jusqu'à 7 h. m. et de 11 h. 1/2 m. à 8 h. s.

| Jours | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | | | PRESSION ATMOSPHÉRIQUE 700mm + | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thermomètre sec | | | | Therm. extr. | | Thermomètre humide | | | | | | | |
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | Minim. | Maxim. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne |
| | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | ° | mm. | mm. | mm. | mm. |
| 1 | 3.3 | 6.5 | 2.8 | 4.2 | 2.2 | 7.1 | 2.8 | 4.5 | 2.4 | 3.2 | 14.5 | 12.4 | 06.7 | 11.2 |
| 2 | 5.6 | 4.2 | 6.8 | 5.5 | 2.0 | 7.3 | 3.6 | 3.6 | 6.5 | 4.6 | 07.2 | 10.2 | 10.1 | 09.2 |
| 3 | 9.4 | 11.8 | 4.2 | 8.5 | 3.6 | 11.8 | 7.1 | 7.5 | 3.7 | 6.1 | 05.5 | 03.0 | 07.4 | 05.3 |
| 4 | 4.7 | 8.3 | 7.8 | 6.9 | 3.0 | 8.5 | 2.8 | 4.6 | 3.8 | 3.7 | 08.5 | 05.7 | 02.5 | 05.6 |
| 5 | 4.1 | 4.3 | 4.5 | 4.3 | 2.4 | 5.2 | 3.6 | 3.8 | 3.3 | 3.6 | 03.0 | 06.3 | 08.4 | 05.9 |
| 6 | 4.4 | 7.5 | 5.1 | 5.7 | 3.2 | 8.0 | 2.6 | 4.8 | 4.3 | 3.9 | 07.4 | 06.3 | 07.8 | 07.2 |
| 7 | 3.7 | 1.0 | 3.0 | 2.6 | 0.4 | 4.0 | 2.4 | 0.8 | 2.3 | 1.8 | 09.3 | 10.5 | 10.9 | 10.2 |
| 8 | 1.7 | 3.3 | 0.5 | 1.8 | - 0.4 | 3.3 | 0.3 | 1.3 | 0.3 | 0.6 | 12.8 | 16.0 | 19.9 | 16.2 |
| 9 | 1.5 | 2.3 | - 0.7 | 1.0 | - 1.1 | 2.8 | 0.2 | 0.2 | - 1.1 | - 0.2 | 24.5 | 27.0 | 28.6 | 26.7 |
| 10 | - 2.5 | 1.1 | - 1.4 | - 0.9 | - 3.7 | 1.4 | - 3.4 | 0.2 | - 1.8 | - 1.7 | 27.4 | 25.7 | 24.1 | 25.7 |
| 11 | - 1.2 | - 0.5 | - 0.9 | - 0.9 | - 2.3 | 0.4 | - 2.4 | - 1.6 | - 1.7 | - 1.9 | 20.4 | 17.9 | 16.5 | 18.3 |
| 12 | - 2.7 | - 1.8 | - 2.3 | - 2.3 | - 3.5 | - 1.3 | - 3.1 | - 2.4 | - 2.6 | - 2.7 | 15.6 | 16.0 | 17.1 | 16.2 |
| 13 | - 3.9 | - 2.1 | - 0.8 | - 2.3 | - 4.6 | - 0.3 | - 4.0 | - 2.5 | - 0.9 | - 2.5 | 19.5 | 20.2 | 21.0 | 20.2 |
| 14 | - 0.4 | - 0.4 | - 1.4 | - 0.7 | - 2.0 | 0.0 | - 0.8 | - 0.8 | - 2.2 | - 1.3 | 22.1 | 23.0 | 23.1 | 22.7 |
| 15 | - 1.9 | - 0.9 | - 2.3 | - 1.7 | - 2.8 | - 0.7 | - 2.2 | - 1.4 | - 2.6 | - 2.1 | 21.9 | 22.9 | 23.9 | 22.9 |
| 16 | - 3.7 | - 2.5 | - 3.2 | - 3.1 | - 4.4 | - 2.5 | - 3.7 | - 2.7 | - 3.2 | - 3.2 | 24.0 | 23.8 | 22.7 | 23.5 |
| 17 | - 2.9 | - 0.9 | - 0.8 | - 1.5 | - 4.3 | - 0.2 | - 2.9 | - 1.0 | - 0.8 | - 1.6 | 19.1 | 16.2 | 11.9 | 15.7 |
| 18 | 2.8 | 3.4 | 1.7 | 2.6 | - 1.5 | 5.7 | 2.8 | 2.9 | 1.7 | 2.5 | 07.4 | 08.1 | 09.7 | 08.4 |
| 19 | 1.5 | 2.7 | 6.1 | 3.4 | 0.8 | 6.2 | 1.5 | 2.7 | 5.7 | 3.3 | 08.7 | 07.5 | 05.3 | 07.2 |
| 20 | 8.5 | 5.3 | 0.5 | 4.8 | - 0.2 | 9.0 | 8.0 | 4.0 | 0.5 | 4.2 | 04.8 | 07.8 | 10.4 | 07.7 |
| 21 | 0.8 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | - 0.2 | 2.0 | 0.8 | 1.7 | 1.7 | 1.4 | 11.9 | 14.6 | 16.2 | 14.2 |
| 22 | 1.7 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 1.0 | 3.5 | 1.7 | 3.2 | 3.0 | 2.6 | 13.0 | 11.2 | 08.0 | 10.7 |
| 23 | 6.7 | 14.5 | 11.8 | 11.0 | 1.7 | 14.5 | 5.9 | 11.1 | 9.6 | 8.9 | 08.1 | 09.0 | 10.0 | 09.0 |
| 24 | 7.3 | 8.8 | 7.4 | 7.8 | 6.4 | 9.3 | 7.2 | 8.3 | 7.4 | 7.6 | 09.5 | 09.9 | 11.2 | 10.2 |
| 25 | 6.1 | 8.4 | 2.1 | 5.5 | 1.6 | 9.1 | 5.3 | 6.7 | 0.0 | 4.0 | 14.3 | 16.9 | 23.0 | 18.1 |
| 26 | 0.9 | 3.9 | 2.8 | 2.5 | 0.4 | 4.0 | - 0.1 | 1.9 | 2.4 | 1.4 | 23.9 | 22.2 | 23.1 | 23.1 |
| 27 | 2.7 | 4.0 | 4.4 | 3.7 | - 0.3 | 5.0 | 2.1 | 3.8 | 4.3 | 3.4 | 22.3 | 21.4 | 22.1 | 21.9 |
| 28 | 6.5 | 9.1 | 8.3 | 8.0 | 4.0 | 9.4 | 6.3 | 8.0 | 7.5 | 7.3 | 21.2 | 19.8 | 17.9 | 19.6 |
| 29 | 5.9 | 5.7 | 4.3 | 5.3 | 3.7 | 6.0 | 4.8 | 4.5 | 3.2 | 4.2 | 18.5 | 19.8 | 23.1 | 20.5 |
| 30 | - 0.1 | 3.4 | 0.6 | 1.3 | - 1.3 | 3.4 | - 1.3 | 0.8 | - 1.8 | - 0.8 | 25.6 | 25.4 | 27.3 | 26.1 |
| 31 | - 1.0 | 2.1 | 0.3 | 0.5 | - 1.7 | 2.3 | - 3.4 | 0.0 | - 2.0 | - 1.8 | 26.3 | 25.8 | 24.6 | 25.6 |
| Moy. | 2.24 | 3.80 | 2.45 | 2.83 | 0.07 | 4.65 | 1.44 | 2.52 | 1.71 | 1.89 | 715.43 | 715.56 | 715.95 | 715.65 |

Moy. $\frac{1}{4} \cdot (7 + 1 + 2 \times 9)$: 16.17

| Jours | HUMIDITÉ RELATIVE en % | | | | VENT Direction et intensité | | | NÉBULOSITÉ 0 sans nuages; 10 tout à fait couvert | | | | Durée d'insolation | Eau tombée en 24 h. mes. à 7 h. m. du lendem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | 7 h. | 1 h. | 9 h. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moyenne | | |
| | | | | | | | | | | | | heures | mm. |
| 1 | 92 | 71 | 93 | 85 | SW 2 | SW 3 | SW 3 | 10 | 9 | 10 | 10 | . | 27.7 |
| 2 | 70 | 90 | 95 | 85 | SW 2 | SW 2 | SW 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 9.4 |
| 3 | 71 | 52 | 92 | 72 | SW 3 | SW 3 | SW 3 | 8 | 6 | 10 | 8 | . | 8.8 |
| 4 | 71 | 76 | 48 | 65 | SW 3 | SW 3 | SW 3 | 9 | 5 | 9 | 8 | 5.0$_5$ | 4.0 |
| 5 | 92 | 92 | 83 | 89 | W 2 | W 1 | W 2 | 10 | 10 | 9 | 10 | 0.1$_5$ | 3.9 |
| 6 | 72 | 65 | 88 | 75 | SW 1 | SW 2 | SW 2 | 6 | 10 | 10 | 9 | 1.6$_5$ | 1.3 |
| 7 | 89 | 96 | 88 | 91 | SW 3 | SW 2 | SW 3 | 9 | 10 | 10 | 10 | . | 21.9 |
| 8 | 75 | 68 | 96 | 80 | W 2 | W 1 | NW 1 | 9 | 6 | 10 | 8 | 0.6 | 5.0 |
| 9 | 74 | 64 | 92 | 77 | NW 2 | NW 2 | NE 1 | 9 | 7 | 5 | 7 | 1.3 | . |
| 10 | 81 | 83 | 92 | 85 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 0 | 9 | 4 | 4 | . | . |
| 11 | 75 | 79 | 85 | 80 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 12 | 92 | 88 | 94 | 91 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 13 | 93 | 92 | 98 | 94 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 14 | 93 | 93 | 92 | 93 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 15 | 94 | 90 | 94 | 93 | NE 1 | NE 1 | NE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 16 | 100 | 96 | 100 | 99 | NE 1 | NE 1 | N 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | . |
| 17 | 100 | 98 | 100 | 99 | NE 1 | NW 1 | N 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 12.2 |
| 18 | 100 | 92 | 100 | 97 | SW 1 | SW 1 | N 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 13.5 |
| 19 | 100 | 100 | 94 | 98 | NE 0 | NE 0 | NW 0 | 10 | 10 | 9 | 10 | . | 9.1 |
| 20 | 92 | 80 | 100 | 91 | SW 2 | W 2 | N 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 19.4 |
| 21 | 100 | 96 | 100 | 99 | NE 1 | NE 1 | N 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 2.4 |
| 22 | 100 | 97 | 100 | 99 | NE 0 | SE 1 | SE 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.7 |
| 23 | 88 | 64 | 75 | 76 | N 1 | SW 2 | NW 1 | 10 | 2 | 9 | 7 | 2.8$_5$ | 2.4 |
| 24 | 98 | 93 | 100 | 97 | N 0 | E 1 | NE 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 12.8 |
| 25 | 88 | 78 | 100 | 89 | W 1 | SW 1 | W 1 | 10 | 9 | 0 | 6 | . | . |
| 26 | 83 | 68 | 98 | 83 | W 1 | W 1 | W 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | . | 0.8 |
| 27 | 89 | 97 | 98 | 95 | W 1 | SW 1 | NW 1 | 8 | 10 | 10 | 9 | . | 10.7 |
| 28 | 97 | 85 | 89 | 90 | W 1 | W 1 | NW 1 | 7 | 9 | 10 | 9 | 0.5 | 6.2 |
| 29 | 83 | 82 | 82 | 82 | W 2 | W 2 | W 1 | 9 | 10 | 8 | 9 | . | 3.9 |
| 30 | 73 | 58 | 56 | 62 | NE 1 | NE 2 | NE 2 | 1 | 1 | 8 | 3 | 6.4 | . |
| 31 | 51 | 63 | 57 | 57 | NE 2 | SE 1 | N 1 | 0 | 6 | 4 | 3 | 6.3$_5$ | 2.5 |
| Moy. | 86.3 | 82.1 | 89.6 | 86.1 | | | | 8.5 | 8.7 | 8.9 | 8.7 | 24.8$_5$ Somme | 178.6 Somme |

## MOYENNES MENSUELLES — DÉCEMBRE 1909

| | Altitude | TEMPÉRATURE DE L'AIR | | | | | | | | PRESSION ATM. MOYENNES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. 1/4(7,1,2·9) | Minimum | Jour | Maximum | Jour | |
| | m. | ° | ° | ° | ° | ° | | ° | | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 488 | 2.2 | 3.8 | 2.4 | 2.7 | - 4.6 | 13 | 14.5 | 23 | 715.6 |
| Chaumont | 1127 | - 0.8 | 0.5 | - 0.7 | - 0.4 | - 7.8 | 12 | 10.6 | 23 | 661.1 |
| Cernier | 800 | 0.5 | 2.7 | 0.5 | 1.0 | - 8.8 | 16 | 15.6 | 23 | — |
| La Chaux-de-Fonds | 986 | - 0.6 | 2.3 | 0.1 | 0.5 | - 12.5 | 12 | 11.2 | 22 23 | 665.4 |
| La Brévine | 1077 | - 1.9 | 1.0 | - 1.1 | - 0.8 | - 15.6 | 12 | 12.2 | 22 | — |

| | HUMIDITÉ RELATIVE | | | | NÉBULOSITÉ | | | | DURÉE D'INSOLATION | Eau tombée (pluie, neige) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | 7 h. | 1 h. | 9 h. | Moy. | Somme | Somme |
| | | | | | | | | | Heures | mm. |
| Neuchâtel (Observatoire) | 86 | 82 | 90 | 86 | 8.5 | 8.7 | 8.9 | 8.7 | 24.8$_5$ | 179 |
| Chaumont | 92 | 89 | 92 | 91 | 7.9 | 7.8 | 8.2 | 8.0 | — | 183 |
| Cernier | - | - | - | - | 8.1 | 8.4 | 8.1 | 8.2 | — | 164 |
| La Chaux-de-Fonds | 88 | 81 | 89 | 86 | 7.5 | 7.5 | 7.2 | 7.4 | 48.0 | 205 |
| La Brévine | - | - | - | - | 7.0 | 7.0 | 5.6 | 6.5 | — | 180 |

| | FRÉQUENCE DU VENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N. | NE. | E. | SE. | S. | SW. | W. | NW. | Calme |
| Neuchâtel (Observatoire) | 7 | 25 | 1 | 3 | 0 | 24 | 17 | 7 | 9 |
| Chaumont | 15 | 5 | 3 | 2 | 0 | 26 | 37 | 2 | 3 |
| Cernier | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 30 | 1 | 5 | 56 |
| La Chaux-de-Fonds | 1 | 9 | 5 | 5 | 29 | 42 | 1 | 0 | 1 |
| La Brévine | 4 | 0 | 4 | 3 | 9 | 5 | 25 | 1 | 42 |

# STATUTS ET RÈGLEMENT

DE LA

## SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE

DES

# SCIENCES NATURELLES

NEUCHATEL

IMPRIMERIE WOLFRATH & SPERLÉ

—

1910

# STATUTS

DE LA

# Société neuchâteloise des Sciences naturelles

## CHAPITRE PREMIER

### But de la Société.

ARTICLE PREMIER.

La *Société neuchâteloise des Sciences naturelles* a pour but le développement des sciences et en particulier l'étude scientifique du canton de Neuchâtel.

ART. 2.

Elle cherche à atteindre ce but :

*a)* par des séances et des assemblées publiques ;
*b)* par des publications (*Bulletin* et *Mémoires*) ;
*c)* par des échanges de publications scientifiques ;
*d)* par l'appui qu'elle peut accorder à des recherches ou à des publications scientifiques.

## CHAPITRE II

### Réunions.

Art. 3.

La Société se réunit en *séances ordinaires*, en *séances publiques* et en *assemblées générales*.

Art. 4.

Les *séances ordinaires* ont lieu, dans la règle, deux fois par mois, de novembre à juin. Elles ne sont pas publiques; toutefois, chaque membre peut introduire des personnes étrangères à la Société.

Art. 5.

Chaque année, la Société tient une *séance publique*.

Art. 6.

La Société est convoquée au moins une fois par année en *assemblée générale*, avec l'ordre du jour suivant :

*a)* Rapport annuel sur la marche de la Société et des Commissions;

*b)* Présentation des comptes annuels et du bilan de caisse;

*c)* Rapport des vérificateurs de comptes;

*d)* Présentation du budget pour l'année suivante;

*e)* Nominations statutaires;

*f)* Divers.

## CHAPITRE III

### Membres.

Art. 7.

La Société se compose de membres *effectifs*, de membres *correspondants* et de *membres honoraires*.

Art. 8.

Les candidats au titre de *membre effectif* doivent être présentés en séance par deux membres effectifs de la Société. L'admission du nouveau membre a lieu à la séance suivante, après son acceptation par le Comité.

Art. 9.

Les membres effectifs payent une finance d'entrée et une cotisation annuelle fixées par l'assemblée générale. Cette cotisation ne pourra, en aucun cas, dépasser le chiffre de 10 francs. Un versement unique de vingt fois la cotisation annuelle dispense du paiement de celle-ci.

Art. 10.

Les membres d'une région déterminée, trop éloignés pour assister aux séances régulières à Neuchâtel, peuvent se grouper en sections locales dont l'organisation doit être sanctionnée par une assemblée générale.

Les présidents de sections font partie de droit du Comité cantonal.

### Art. 11.

Un membre ne pourra être exclu de la Société que par le vote d'une assemblée générale, au scrutin secret et à la majorité des deux tiers des voix, ensuite d'un préavis écrit du Comité.

### Art. 12.

Le titre de *membre correspondant* peut être accordé à des savants résidant hors du canton. Leur admission a lieu comme celle des membres effectifs, mais ils ne payent ni finance d'entrée, ni cotisation. Ils reçoivent gratuitement le Bulletin chaque fois qu'ils y ont contribué par quelque communication scientifique.

### Art. 13.

Les *membres honoraires* sont élus par une assemblée générale ordinaire ou extraordinaire. Ils doivent être présentés par cinq membres effectifs et réunir les trois quarts des suffrages des membres présents à l'assemblée. Ils ne payent ni finance d'entrée, ni cotisation annuelle et reçoivent les publications de la Société dès l'année de leur nomination.

Le titre de membre honoraire ne peut être accordé à aucun Suisse domicilié dans le canton de Neuchâtel.

### Art. 14.

Les membres honoraires, ainsi que les membres correspondants peuvent assister aux séances avec voix consultative.

## CHAPITRE IV

### Administration.

Art. 15.

L'administration de la Société est exercée par le *Comité*, élu par une assemblée générale à la majorité absolue des membres présents.

Art. 16.

Le Comité se compose de sept membres :

*a)* d'un président ;
*b)* d'un vice-président ;
*c)* d'un secrétaire-correspondant ;
*d)* d'un caissier ;
*e)* de trois assesseurs.

Art. 17.

Le Comité nomme un secrétaire-rédacteur et un bibliothécaire-archiviste, qui assistent à ses séances avec voix consultative. Ces fonctions sont rétribuées.

Art. 18.

Le Comité est nommé pour deux ans. Lors de son renouvellement, cinq de ses membres sont rééligibles pour une nouvelle période.

Art. 19.

Le président et le vice-président ne sont pas immédiatement rééligibles dans leurs fonctions respectives.

Art. 20.

Le Comité convoque les assemblées générales et en arrête l'ordre du jour. Il gère les biens de la Société et pourvoit à la publication du *Bulletin*. Il rend compte annuellement, à l'assemblée générale ordinaire, de sa gestion et de la marche de la Société au moyen d'un rapport présidentiel qu'il approuve au préalable.

Art. 21.

Sur la demande écrite et motivée de sept membres effectifs, le Comité doit convoquer une assemblée générale extraordinaire.

Art. 22.

Le siège de la Société est à Neuchâtel. Elle est inscrite au registre du Commerce.

Art. 23.

La signature sociale est possédée collectivement par le président et par le secrétaire-correspondant.

Art. 24.

La Société est représentée vis-à-vis des tiers par son président, ou à son défaut par le vice-président ou par un membre désigné ad hoc par le Comité.

Art. 25.

Les détails de l'administration, les obligations des membres du Comité et des fonctionnaires, la procédure des votations et élections, la gestion des finances, la bibliothèque et les publications de la Société

font l'objet d'un *Règlement* approuvé par l'assemblée générale.

Art. 26.

La gestion du Comité et du caissier est soumise à une commission de vérification des comptes, formée de deux membres, élus par l'assemblée générale, et dont l'un est remplacé chaque année.

## CHAPITRE V

### Publications.

Art. 27.

Les ressources financières de la Société doivent servir avant tout à la publication des travaux scientifiques présentés par ses membres au cours des séances.

Art. 28.

Ces travaux portent sur l'ensemble des sciences naturelles et médicales, physiques et mathématiques, ainsi que sur leurs applications aux arts et à l'industrie.

Art. 29.

Les publications se font sous forme de procès-verbaux et de travaux contenus dans un *Bulletin* annuel ou bien sous forme de *Mémoires* isolés.

Art. 30.

Des travaux n'ayant pas été présentés à une séance ou émanant de personnes étrangères à la Société ne

peuvent être publiés qu'exceptionnellement et ensuite d'une décision spéciale du Comité.

Art. 31.

La Société laisse aux auteurs l'entière responsabilité scientifique de leurs écrits.

## CHAPITRE VI

### Bibliothèque.

Art. 32.

Un certain nombre de volumes du *Bulletin* servent à entretenir un échange de publications avec d'autres sociétés et institutions scientifiques.

Art. 33.

Ce service d'échange est placé sous la direction spéciale du bibliothécaire-archiviste. Le règlement prescrit son fonctionnement et l'attribution des livres propriété de la Société.

## CHAPITRE VII

### Revision et dissolution.

Art. 34.

Les présents statuts, ainsi que le règlement d'administration, ne pourront être modifiés que par une

décision de l'assemblée générale à la majorité des trois quarts des membres présents. A cet effet, le projet de modification doit être porté à l'ordre du jour et communiqué au préalable par circulaire aux membres de la Société.

Art. 35.

La dissolution de la Société ne pourra être prononcée que par une assemblée générale convoquée spécialement dans ce but ensuite d'un rapport du Comité ou d'une commission spéciale et à la majorité des trois quarts des membres présents.

Art. 36.

En cas de dissolution, l'actif de la Société ne pourra pas être détourné de sa destination et devra être consacré à une œuvre scientifique, fixée par l'assemblée générale. S'il y a prévision de reconstitution, cet actif pourra être placé à la Caisse d'Epargne de Neuchâtel ou à la Banque Cantonale Neuchâteloise, sous la surveillance du président du Tribunal de district de Neuchâtel.

Les archives de la Société seront déposées à la Bibliothèque de la ville de Neuchâtel.

Neuchâtel, le 14 mai 1909.

**Au nom de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles:**

*Le Président,* *Le Secrétaire,*

Hans Schardt. Adrien Jaquerod.

# RÈGLEMENT

DE LA

# Société neuchâteloise des Sciences naturelles

## CHAPITRE PREMIER

### Séances et assemblées.

ARTICLE PREMIER.

Les *séances ordinaires* ont lieu, dans la règle, deux fois par mois, de novembre à juin. Le Comité en fixe le jour et l'heure.

ART. 2.

Chaque séance débute par la lecture du procès-verbal de la séance précédente et se compose de deux parties : *a)* une *partie administrative*, réception de candidats, communications du Comité, propositions individuelles ; *b)* une *partie scientifique* destinée à l'audition et à la discussion des communications scientifiques.

ART. 3.

*L'assemblée générale ordinaire* a lieu au commencement de l'année comptable avec l'ordre du jour prévu par les statuts.

La convocation portant l'ordre du jour statutaire, ainsi que les objets spéciaux, doit être adressée individuellement à tous les membres au moins une semaine à l'avance. Il en est de même pour chaque assemblée générale extraordinaire et pour l'assemblée publique d'été.

Art. 4.

L'assemblée publique d'été coïncide ordinairement avec la deuxième séance de juin et a lieu dans la règle en dehors du chef-lieu, à tour de rôle dans l'une des trois régions du canton, éventuellement aussi en commun avec l'une des Sociétés des cantons limitrophes. Le Comité en fixe le lieu et la date.

Art. 5.

Le président ouvre la séance publique d'été par un discours se rapportant autant que possible à la région dans laquelle a lieu la réunion. La partie administrative de cette réunion sera réduite au strict nécessaire. Elle sera suivie si possible d'une excursion scientifique.

## CHAPITRE II

### Membres.

Art. 6.

Les membres doivent la finance d'entrée et la première cotisation dès leur réception. Si cette dernière n'a eu lieu que dès le premier novembre, ils peuvent à leur demande être exonérés de la cotisation, en renonçant au bulletin de cette année-là.

Art. 7.

Les membres correspondants et honoraires, les membres de la Société helvétique des sciences naturelles et ceux des sociétés correspondantes en passage dans le canton peuvent prendre part aux travaux scientifiques de la Société.

Art. 8.

Les membres effectifs qui quittent le canton pour une longue durée peuvent, à leur demande, être exonérés de la cotisation annuelle. Ils sont considérés comme « membres en congé » et ne recevront pas le *Bulletin* pendant ce temps.

## CHAPITRE III

### Elections.

Art. 9.

Les élections du Comité et des vérificateurs de comptes, ainsi que celles des commissions spéciales se font au scrutin secret et à la majorité absolue des votants.

Art. 10.

L'élection du président, du vice-président et du caissier se fait au scrutin individuel, celles des autres membres et des commissions au scrutin de liste.

Art. 11.

Le Comité nomme son secrétaire-correspondant et désigne le secrétaire-rédacteur ainsi que le bibliothécaire-archiviste.

## CHAPITRE IV

### Organisation et fonctions des membres du Comité.

Art. 12.

Le président, le vice-président et le secrétaire-correspondant forment le *Bureau*, chargé de l'expédition des affaires courantes.

Art. 13.

Le secrétaire-correspondant tient la correspondance de la Société. Il tient à jour la liste des membres et des Sociétés correspondantes et donne connaissance des mutations au caissier et à l'archiviste. Il convoque les séances du Comité à la demande du président, ainsi que les séances ordinaires et les assemblées, selon les décisions du Comité.

Art. 14.

Le secrétaire-rédacteur tient les procès-verbaux des séances du Comité et de toutes les séances et assemblées de la Société et se charge des comptes rendus aux journaux.

Il est spécialement chargé de la publication des *Bulletins* et *Mémoires* sous la direction du Comité.

Art. 15.

Le caissier encaisse les cotisations sitôt après l'assemblée générale administrative du commencement de l'année. Il effectue les paiements, après approbation des factures par le Comité.

Art. 16.

Le bibliothécaire-archiviste s'occupe du service des échanges. A la fin de l'année, il remet les ouvrages reçus à la Bibliothèque publique de la ville de Neuchâtel.

Il préavise en faveur de nouveaux échanges à consentir.

Il a l'administration du dépôt des volumes du *Bulletin* et des *Mémoires* de la Société ainsi que des archives de la Société.

Il contrôle l'expédition des publications de la Société aux membres et aux Sociétés correspondants.

Art. 17.

Les fonctions de membre du Comité sont gratuites. Cependant, le secrétaire-rédacteur et l'archiviste-bibliothécaire peuvent être rétribués par décision de l'assemblée générale, selon préavis du Comité.

## CHAPITRE V

### Administration financière.

Art. 18.

Le Comité établit chaque année un budget des dépenses conformément aux recettes probables. Ce budget est soumis à l'approbation de l'assemblée générale ordinaire.

Art. 19.

Toute dépense non prévue au budget ne peut être votée que par une assemblée générale sur le préavis du Comité.

Art. 20.

Le caissier donne connaissance au Comité des comptes et des pièces justificatives avant de les remettre aux vérificateurs.

Art. 21.

Le caissier est responsable des sommes qu'il détient.

## CHAPITRE VI

### Publications.

Art. 22.

Les publications de la Société se font par les soins d'un rédacteur sous la direction du Comité.

Outre les travaux de ses membres, le *Bulletin* peut contenir aussi des mémoires de savants étrangers, des travaux de concours académiques jugés dignes et des dissertations de doctorat. Dans ce dernier cas, les auteurs peuvent être tenus de supporter une partie des frais, surtout en ce qui concerne les planches ou illustrations.

Art. 23.

Chaque auteur étant responsable de ses écrits, la rédaction d'un travail ne pourra être modifiée sans son consentement.

Art. 24.

Les décisions concernant le format du *Bulletin* et des *Mémoires*, leur impression, la qualité du papier, l'étendue des travaux et leur illustration, ainsi que les

tractations et conventions avec les imprimeurs sont de la compétence du Comité, selon préavis du rédacteur, sauf recours à une assemblée générale.

Art. 25.

Chaque membre ayant fait une communication doit remettre au rédacteur, dans la séance même, un court résumé de son travail pour les procès-verbaux de la séance et pour les Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève. A défaut, les procès-verbaux ne mentionneront que le titre de la communication.

Art. 26.

Les manuscrits des travaux devant paraître dans les publications de la Société doivent être remis en copie bien lisible, de préférence dactylographiés et bien ordonnés, de manière à éviter des corrections. Les auteurs reçoivent au moins une épreuve. Toutes les corrections extraordinaires qui ne sont pas du fait de l'imprimeur, ainsi que tous les remaniements de texte, après mise en pages, sont à la charge des auteurs.

Art. 27.

Les auteurs doivent remettre les manuscrits au rédacteur aussi tôt que possible après leur présentation en séance. En cas de retard leur publication sera renvoyée à un volume suivant.

Art. 28.

Les auteurs de *Mémoires* publiés entièrement aux frais de la Société, ont droit gratuitement à 50 exemplaires de tirages à part, brochés et munis d'une cou-

verture sans titre. L'impression d'un titre spécial, les frais de nouvelle mise en pages et de nouvelle pagination sont à la charge de l'auteur.

Art. 29.

Les auteurs peuvent obtenir un nombre supérieur de tirages et à leur frais, à la condition de ne pas les mettre en vente.

Art. 30.

Tout tirage à part doit porter l'indication du volume et de l'année du *Bulletin* ou des *Mémoires*.

Art. 31.

S'ils en font la demande, les auteurs peuvent obtenir leurs tirages à part dès leur impression, avant la publication du *Bulletin*.

Art. 32.

Le *Bulletin* est expédié gratuitement et franc de port aux membres effectifs qui ont payé leur cotisation annuelle ainsi qu'aux membres correspondants et aux membres honoraires.

Art. 33.

Le prix de vente des volumes du *Bulletin* est imprimé sur la couverture et ne peut être inférieur à la cotisation annuelle. Il fait règle pour la vente en librairie, sous réserve de la remise d'usage et pour la vente à des abonnés étrangers à la Société.

Art. 34.

La Société publie des *Mémoires* à des époques indéterminées. Les membres effectifs et correspondants

peuvent se les procurer au prix de revient, qui doit être indiqué sur la couverture. Ils sont adressés gratuitement aux membres honoraires.

Art. 35.

Les membres de la Société peuvent se procurer des volumes anciens du *Bulletin* et des *Mémoires* en s'adressant au bibliothécaire-archiviste; leur prix est fixé par le Comité.

Art. 36.

Les volumes du *Bulletin*, dont il ne reste plus que 15 exemplaires, ne peuvent cependant pas être vendus isolément.

## CHAPITRE VII

### Bibliothèque.

Art. 37.

Les livres reçus en échange des Sociétés correspondantes ou d'instituts scientifiques, ainsi que tous les ouvrages achetés aux frais de la Société ou reçus en dons, constituent la bibliothèque de la Société.

Art. 38.

Tous les livres reçus ou achetés sont timbrés du sceau de la Société par les soins du bibliothécaire-archiviste et collationnés, avant d'être remis à la Bibliothèque de la ville à la fin de chaque année.

Art. 39.

L'usage de ces livres est gratuit pour les membres de la Société, conformément aux règles qui sont en usage à la Bibliothèque de la ville. Selon préavis du Comité, les membres de la Société peuvent en obtenir un nombre supérieur et pour un temps à déterminer, si leurs études spéciales le rendent désirable.

Neuchâtel, le 14 mai 1909.

**Au nom de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles:**

*Le Président,* Hans Schardt.

*Le Secrétaire,* Adrien Jaquerod.

On peut se procurer les publications suivantes de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles en s'adressant à M. le prof. Dr Otto Fuhrmann, président de la Société, à Neuchâtel:

# 1o MÉMOIRES

DE LA

## SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE NEUCHATEL

Vol. I, 1835, avec dix-huit planches, à 15 fr. l'exemplaire, renfermant entre autres:

*Agassiz:* Description de quelques espèces de Cyprins; Fossiles du terrain crétacé du Jura; Prodrome d'une monographie des Radiaires. *A. de Montmollin:* Mémoire sur le terrain crétacé du Jura. *L. Coulon:* Description de quelques animaux nouveaux, etc.

Vol. II, 1839, avec vingt-six planches, à 5 fr. l'exemplaire, renfermant entre autres:

*Nicolet:* Essai sur la constitution géologique de la vallée de la Chaux-de-Fonds. *Godet:* Enumération des végétaux vasculaires du canton de Neuchâtel. *Tschudi:* Classification des Batraciens. *Agassiz:* Mémoire sur les moules de mollusques vivants et fossiles. *A. de Montmollin:* Note explicative de la carte géologique du canton de Neuchâtel, etc.

Vol. III, 1845, avec seize planches, à 5 fr. l'exemplaire, renfermant entre autres:

*Lesquereux:* Recherche sur les marais tourbeux et Catalogue des mousses de la Suisse. *Agassiz* et *Vogt:* Anatomie des Salmones. *Guyot:* Notice sur la carte du fond des lacs de Neuchâtel et Morat, etc.

Vol. IV, première partie, 1859, avec sept planches, renfermant:

*Desor* et *Gressly:* Etudes géologiques sur le Jura neuchâtelois, etc.

Vol. IV, deuxième partie, 1874, avec quinze planches, renfermant:

*Desor* et *Favre:* Le bel-âge du bronze lacustre en Suisse. *De Loriol:* Description de quelques Astérides du terrain néocomien. *De Tribolet:* Recherches géologiques et paléontologiques dans le Jura neuchâtelois.

Chaque partie se vend 2 fr. 50.

2° 50 collections complètes du Bulletin

à partir du t. IV, à raison de 1 fr. le volume pour les membres de la Société et de 3 fr. pour les étrangers.

3° Notes laissées par L. Couleru sur les papillons qu'il a observés dans les cantons de Neuchâtel et de Berne, de Saint-Blaise à la Neuveville et de Jolimont à Chasseral, de 1829 à 1850; prix 1 fr.

4° Catalogue des Lépidoptères du Jura neuchâtelois, par Frédéric de Rougemont, avec deux planches en couleurs peintes par Paul Robert; prix 7 fr. 50.

5° Table des matières des Mémoires et Bulletins pour 1832-1897, par Jean de Perregaux; prix 2 fr.

---

AMNH LIBRARY
100135678